ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 DÉCEMBRE 1917.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL APPELL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PÉTROLOGIE. — *Les formes grenues du magma leucitique du volcan laziale.* Note de M. A. LACROIX.

Le grand volcan laziale, dont certaines coulées sont descendues jusqu'aux portes de Rome, partage avec la Somma la particularité de renfermer parmi ses matériaux de projection une quantité considérable de fragments et de blocs de roches grenues; dans ces deux centres volcaniques, ces enclaves appartiennent aux mêmes groupes pétrographiques : roches sédimentaires (calcaires) métamorphiques; roches grenues, polygènes, pneumatogènes et homœogènes.

Me limitant pour l'instant à ces dernières, je me propose de montrer dans cette Note que leur étude chimique, complétant la description minéralogique que j'en ai donnée jadis (1), conduit à des conclusions du même ordre que celles exposées récemment pour la Somma (2).

Les matériaux de ce travail ont été recueillis par moi à diverses reprises, soit dans la grande enceinte du Campo d'Annibale et notamment sur les flancs du Monte Cavo, soit dans le tuf connu sous le nom de *peperino;* pour ce dernier, les localités que j'ai plus particulièrement explorées sont les environs de Marino, les alentours des lacs d'Albano et de Nemi (en particulier entre Ariccia et Castel Gandolfo).

Quelques brèves indications sur la nature des laves du volcan laziale sont tout d'abord nécessaires; ses roches sont bien connues depuis les travaux

---

(1) *Les enclaves des roches volcaniques*, 1893.

(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 205.

géologiques et minéralogiques de M. V. Sabatini (¹) et les analyses de M. H.-S. Washington (²).

Les laves épanchées sous forme de coulées sont des *leucitites*, dépourvues de péridot ou peu péridotiques; elles se rapportent à deux types de composition voisine : l'un (Capo di Bove), pour lequel M. Washington a fait revivre le nom de *cécilite* jadis proposé par Cordier, est caractérisé par l'abondance de la mélilite (³); l'autre ne contient pas ce minéral, mais parfois une quantité variable et faible de plagioclases qui, d'après les observations de MM. Sabatini et Viola, confirmées par les miennes, paraît avoir, au moins en partie, une origine secondaire immédiate (pneumatolytique) et résulter alors de la transformation de la leucite (Arcioni près Rocca di Papa, etc.).

A ces roches, il faut ajouter cette leucittéphrite (*tavolatite*) dont les gros cristaux de leucite sont accompagnés d'autres, plus petits, d'orthose de plagioclases et surtout d'haüyne; elle est plus riche en éléments blancs que les leucitites; elle se trouve en blocs dans les tufs de Tavolato. J'ai rencontré au Monte Cavo des blocs d'une leucitite qui, au contraire, est mélanocrate, riche en olivine accompagnant des phénocristaux de leucite et d'augite (zonée) dans une pâte holocristalline de leucite et d'augite englobées par des plages pœcilitiques de biotite, de néphéline et de labrador (peu abondant). Les analyses ci-contre donnent la composition de ces diverses roches.

On voit par comparaison avec les analyses des laves récentes du Vésuve données dans ma Note précédente que les leucitites de l'Arcioni ne diffèrent pas de celles-ci au point de vue chimique; elles constituent donc, parmi les leucitites, une forme hétéromorphe des vésuvites : comme elle est très abondante au lac de Bracciano, je propose de la désigner sous le nom de *braccianite* pour la distinguer du type (cécilite) de Capo di Bove.

Quant à la leucitite à olivine du Monte Cavo, bien que plus riche en silice que les précédentes, elle renferme beaucoup d'olivine et doit à sa pauvreté en alumine, à sa richesse en chaux et en magnésie, à sa teneur moindre en alcalis, de présenter un caractère mélanocrate, intéressant à signaler pour la discussion des roches grenues. Celles-ci formant trois groupes :

(¹) *I vulcani dell'Italia centrale. Vulcano laziale*, Rome, 1910.

(²) *The roman comagmatic region*, Washington, 1906.

(³) Peut-être n'est-il pas sans intérêt de rappeler que la découverte de la *mélilite* dans cette roche a été faite par un précurseur de la minéralogie micrographique, le naturaliste rochelois Fleuriau de Bellevue [*Mémoire sur les minéraux microscopiques et en particulier sur la séméline, la mélilite, etc.* (*J. de Phys.*, t. 51, 1800)].

syénites, missourites et enfin types holomélanocrates généralement constitués par de l'augite et de la biotite, et si semblables aux roches analogues de la Somma que je n'insisterai pas sur eux [1].

Analyses [2]. — *Leucitites :* 1. *Braccianite*, Arcioni. II.7.2.2; 2. *Cécilite*. Capo di Bove. II(III).8(9).2.2, par M. Washington; 3. *Leucitite à olivine* (R), Monte Cavo. III(IV).(7)8.2.2.

	1.	2.	3.
SiO^2	47,20	45,99	49,10
Al^2O^3	17,66	16,56	9,49
Fe^2O^3	3,51	4,17	3,17
FeO	4,50	5,38	4,70
MgO	4,20	5,30	10,31
CaO	9,52	10,47	14,48
Na^2O	2,25	2,18	0,95
K^2O	7,63	8,97	5,50
TiO^2	1,19	0,37	1,20
P^2O^5	0,58	0,56	0,38
ZrO^2	0,04	»	»
BaO	0,19	0,25	0,06
H^2O à 105°	0,72	»	0,11
» au rouge	0,57	0,45	0,51
	99,76	100,65	199,96

Syénites. — Ces roches sont grises, tachetées de noir, à grain moyen; leurs minéraux colorés sont : augite, mélanite, biotite d'un brun vert en proportions à peu près égales; les minéraux blancs [3] : leucite, haüyne, orthose, apatite. A part celle-ci, aucun de ces minéraux n'est automorphe; leur cristallisation a été à peu près simultanée, sauf pour l'orthose qui, par places, est le dernier formé; quelques cavités miarolitiques montrent tous ces minéraux avec des formes géométriques nettes. Par réduction du pourcentage en orthose, ces syénites passent à une missourite très leucocrate; elles s'en distinguent par la présence du mélanite qui manque en général dans les missourites. Inversement, une variété de

[1] Je signalerai cependant une roche formée de biotite d'un brun rouge et de spinelle d'un vert presque noir que j'ai recueillie à Tavolato : SiO^2 25,71; Al^2O^3 32,30; Fe^2O^3 7,60; FeO 3,67; MnO 0,14; MgO 18,10; CaO 2,90; K^2O 5,78; Na^2O 1,80. P. f. 1,27. Total 99,96.

[2] Analyses par M. Pisani (P) ou par M. Raoult (R).

[3] Beaucoup de syénites leucitiques du Latium renferment de la wollastonite; je laisse de côté ce type pétrographique, considérant que la wollastonite est due à une dissolution du calcaire par le magma; c'est une roche à joindre aux types endopolygènes, qui feront l'objet d'une étude ultérieure.

syénite ne renferme ni augite, ni leucite, mais davantage de mélanite; en outre, les cristaux (b^1, a^2) de ce grenat sont très nets; peut-être est-ce dans la destruction de cette roche qu'il faut chercher l'origine des cristaux libres de ce minéral qui, localement, abondent dans le peperino (Frascati, lac d'Albano, etc.). Les analyses ci-dessous donnent la composition de ces syénites. On remarquera l'analogie de leur composition et de celle de la tavolatite qui est seulement un peu plus leucocrate (voir sa composition chimique dans ma précédente note); elles en constituent la forme grenue. Elles sont à comparer aux syénites leucitiques de la Somma; je ferai remarquer à nouveau la constance du grenat mélanite dans ce type pétrographique; elle souligne sa parenté avec les borolanites anciennes d'Écosse.

Syénites leucitiques : 4. Ariccia (P); 5. Albano (R). II.7'.2.2; 6. *Syénite à haüyne et mélanite* [1], Rocca Priora. II.8.'2.'3 (P).

	4.	5.	6.
SiO^2	46,80	46,10	46,11
Al^2O^3	19,10	20,64	20,01
Fe^2O^3	2,90	4,21	3,98
FeO	2,89	2,09	2,07
MgO	2,20	1,76	1,32
CaO	8,30	8,62	8,31
Na^2O	2,50	2,75	4,30
K^2O	10,80	9,32	8,83
TiO^2	1,11	1,20	1,32
P^2O^5	0,30	0,23	0,22
Cl	0,08	0,18	»
F	0,15	0,63	0,11
SO^3	0,23	0,13	»
BaO	n. d.	»	n. d.
H^2O à 105°	3,00	0,68	3,25
» au rouge		1,52	
	100,26	100,06	99,83

Missourites. — Les types les plus abondants parmi les roches grenues du volcan laziale sont les missourites : elles sont constituées par de la leucite grenue xénomorphe, de l'augite (d'un gris verdâtre en lames minces, verdissant sur les bords qui sont pléochroïques et possèdent un angle d'extinction sur g^1 (010) supérieur à 45°), de la biotite et de l'apatite. Un type moyen renferme à peu près les mêmes proportions de minéraux colorés que la missourite typique des Highwood Mountains (Montana), mais avec plus de mica et point d'olivine. Il existe tous les termes de passage pos-

[1] La haüyne de cette roche est altérée; dans la roche intacte la teneur en soude doit être plus élevée que dans cette analyse.

sible entre cette roche moyenne et d'autres, leucocrates (elles contiennent un peu d'augite et d'apatite, mais pas de biotite) ou mélanocrates, toujours très micacées; celles-ci passent progressivement aux types holomélanocrates dont il a été question plus haut. Dans ces roches riches en minéraux colorés s'observent de grandes variations dans les proportions relatives de l'augite et de la biotite; ce mica est tantôt uniformément réparti et tantôt localisé en plages de plus de 1^{cm} englobant pœcilitiquement la leucite et l'augite automorphes; quand il est très abondant et uniformément réparti, il s'oriente et la roche prend un aspect de micaschiste rappelant celui de la sébastianite de la Somma. Quelques-unes de ces missourites sont à si grands éléments qu'elles constituent de véritables pegmatites leucitiques.

Il faut aussi signaler des variétés microgrenues, des *micromissourites*, parfois un peu grenatifères, dans lesquelles des phénocristaux de biotite, d'augite et de leucite sont porphyriques au milieu d'une pâte holocristalline de même composition, dont la leucite est riche en inclusions d'augite.

Il m'a paru inutile de faire analyser les roches à peu près uniquement constituées par de la leucite; les analyses ci-dessous donnent la composition de types de plus en plus riches en minéraux colorés.

Missourites : leucocrates; 7. (P) et 8. (R) Albano. II(III).8.'2.2; mésocrates ; 9. Nemi (P); 10. riche en augite (micromissourite) Albano; 11. très micacée (R). Monte Albano. III.8.2.2; mélanocrates : 12. à grandes lames pœcilitiques de biotite (R); très micacées et schisteuses, Monte Cavo : 13. (P) et 14 (R) [IV.8.2(3).2] IV.1(2).2(3).2.1(2).

	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
SiO^2	50,50	49,64	49,15	45,90	40,80	49,00	47,62	45,44
Al^2O^3	16,40	16,76	13,00	14,12	14,85	9,15	9,00	8,30
Fe^2O^3	2,12	2,49	1,88	2,75	4,09	2,86	1,70	2,44
FeO	1,44	1,54	3,42	4,50	5,14	2,44	3,42	3,85
MgO	3,85	4,24	7,85	9,10	12,52	10,72	14,70	17,85
CaO	10,64	10,84	13,40	12,95	9,90	18,14	16,80	15,40
Na^2O	1,10	1,74	1,05	1,41	1,51	0,62	1,02	0,68
K^2O	11,20	10,39	6,38	6,75	7,08	5,75	4,32	3,91
TiO^2	0,53	0,80	1,34	1,61	2,40	0,80	1,26	1,60
P^2O^5	0,49	0,58	0,23	0,18	0,79	0,22	0,20	0,09
Cl	»	tr.	»	0,05	0,09	tr.	»	»
F	»	»	0,48	0,25	0,42	0,18	0,35	0,77
H^2O à 105°	2,23	0,18	2,37	0,65	0,34	0,04	0,20	0,10
» au rouge		0,93			0,47	0,35		0,18
	100,50	100,13	100,55	100,22	100,40	100,37 (1)	100,59	100,61

(1) Y compris BaO 0,10.

Jusqu'ici, la missourite constituait un type pétrographique isolé, connu dans un seul gisement. Les données qui viennent d'être exposées montrent que dans le Latium il existe *des* missourites formant une véritable famille pétrographique de composition qualitative simple, mais offrant des variations quantitatives très étendues; la roche typique du Montana prend place à peu près au milieu de cette série.

D'autre part, la comparaison de ces nouvelles missourites et des leucitites épanchées du même massif volcanique fait voir que ces dernières s'intercalent aussi dans cette même série pétrographique; elles occupent une place intermédiaire entre les missourites très blanches des analyses 7 et 8 et le premier des types mélanocrates; quant à la leucitite à olivine du Monte Cavo, elle est à comparer à la missourite de l'analyse 12.

Les relations existant entre les roches grenues rejetées par le volcan laziale et ses laves épanchées sont bien les mêmes que celles constatées entre les enclaves homœogènes de la Somma et les produits volcaniques du même volcan. En effet, la caractéristique pétrographique de la Somma et du Vésuve réside dans la nature feldspathique de leurs laves leucitiques (campanites, ottajanites, vésuvites); les types prédominants parmi les blocs homœogènes qui les accompagnent sont à la fois feldspathiques et leucitiques (orthose et plagioclases ou plagioclases seuls), alors qu'un type purement leucitique (missourite) est très exceptionnel. Les laves du Latium sont plus leucitiques et essentiellement dépourvues de feldspaths, tel est aussi le caractère des types dominants parmi leurs blocs homœogènes (missourites); ils sont accompagnés de types feldspathiques moins abondants.

Toutes ces observations permettent de préciser et de généraliser les conclusions auxquelles m'a conduit l'étude du volcan campanien en ce qui concerne les propriétés des magmas potassiques pauvres en silice. Au point de vue chimique, comme à la Somma, en effet, dans le Latium les produits extrêmes de la différenciation ne sont pas ultrabasiques; les variations de teneur en silice ne sont pas très considérables. Au point de vue minéralogique, la hornblende et l'olivine sont peu abondantes dans les roches leucitiques grenues de la Somma; elles manquent complètement dans celles du Latium décrites plus haut. Le pyroxène et surtout la biotite en sont les minéraux colorés constants. L'abondance du mica souligne l'existence dans le magma profond du fluor qui a été sans doute l'un des agents des transformations si intenses des calcaires métamorphisés accompagnant ces roches grenues. La richesse en haüyne des roches endopolygènes du

Latium montre d'ailleurs que le fluor n'a pas été le seul minéralisateur du magma, qu'il a été accompagné de composés du soufre et du chlore.

OCÉANOGRAPHIE. — *Le mésorhéomètre, instrument de mesure de la vitesse des courants intermédiaires entre le fond et la surface.* Note [1] de M. YVES DELAGE.

Le bathyrhéomètre fournit un enregistrement continu de la direction et de la vitesse des courants de fond. La mesure des courants de surface est aisée à effectuer au moyen d'instruments dérivés du loch; mais pour ce qui est des courants intermédiaires entre le fond et la surface, il ne semble pas qu'ils aient beaucoup attiré l'attention, et cependant leur étude n'est pas sans intérêt, ne serait-ce que pour l'appréciation de la pression exercée sur des objets immergés à diverses profondeurs.

D'ailleurs, il ne semble pas qu'il soit nécessaire d'obtenir pour eux un enregistrement continu, s'il devient possible, comme il est légitime de l'espérer, de déduire leur vitesse par un simple calcul de celles des courants de fond et de surface dans le même lieu, lorsqu'on aura déterminé, une fois pour toutes, la loi de leur variation progressive au moyen d'un nombre suffisant de déterminations expérimentales. Peut-être l'analyse mathématique du phénomène permettrait-elle de trouver cette loi; mais ce procédé échappant à ma compétence, j'ai dû recourir à l'expérience et c'est pour ce but que j'ai imaginé le mésorhéomètre.

Le principe de cet instrument est d'une grande simplicité. Un objet lourd, volumineux et de forme géométrique simple est immergé à la profondeur voulue, suspendu par un câble de fils d'acier suffisamment résistant, mais assez souple et assez fin pour rester toujours rectiligne sous la tension du poids qu'il supporte. Ce câble passe sur une poulie surplombant la mer par le fait qu'elle est portée par un tangon débordant l'arrière du bateau; de là, le câble vient s'enrouler sur un petit treuil muni d'un linguet et fixé au mât. Supposons le bateau ancré : s'il n'y a pas de courant, le poids immergé donne au câble la direction du fil à plomb; si un courant survient, un conflit s'établit entre le courant, qui tend à écarter de la verti-

---

[1] Séance du 17 décembre 1917.

cale le câble fortement tendu et rectiligne, et la pesanteur qui tend à l'y ramener.

Si l'on appelle P le poids dans l'eau du corps immergé, S la surface de sa projection sur un plan perpendiculaire à la direction du courant, k son coefficient de résistance en rapport avec sa forme géométrique, δ la densité de l'eau de mer et α l'angle du câble avec la verticale, on a

$$\frac{V^2}{2g} k\delta S \cos\alpha = P \sin\alpha,$$

d'où

$$V = C\sqrt{\operatorname{tang}\alpha},$$

C représentant l'ensemble des constantes.

La seule variable à mesurer est l'angle α, et c'est aussi le seul point délicat de l'expérience.

Avant d'en venir à ce point, disons d'abord quelques mots du câble et du corps immergé. Le premier mesure $1^{mm},5$ de diamètre; il pourrait supporter plus de 100^{kg}; la tension à laquelle le soumettent les actions de la pesanteur et du courant sur le poids qu'il supporte suffisent à le rendre rigide et rectiligne. A l'objet immergé, j'ai donné tantôt la forme d'un cylindre à axe horizontal (tuyau de tôle galvanisée rempli de ciment et suspendu par une balancine), tantôt celle d'un panneau carré (plaque de tôle, soutenue en arrière par un cadre en fer cornière entretoisé) muni sur sa face postérieure de deux ailerons stabilisateurs [1].

Arrivons au point délicat qui est la mesure de l'angle α. Théoriquement, il suffirait pour le déterminer d'attacher en un point de la partie du câble qui est hors de l'eau un fil à plomb et de mesurer l'angle du fil à plomb avec le câble. Pour rendre le dispositif plus pratique, j'ai construit à

---

[1] Le cylindre présentant toujours au courant la même surface quelle que soit l'inclinaison du câble, $\cos\alpha$ n'intervient dans la formule qu'à la première puissance. Pour obtenir le même résultat avec le panneau carré, celui-ci a été suspendu de telle façon que les deux bras de la balancine s'attachent sur lui suivant une ligne droite horizontale, correspondant exactement au milieu de sa hauteur, par suite de quoi les pressions du courant sur ses moitiés supérieure et inférieure s'équilibrent toujours régulièrement, en sorte que le plateau maintenu vertical par un poids additionnel qu'il porte sur sa face postérieure, au niveau du bord inférieur, reste toujours vertical, c'est-à-dire perpendiculaire à la direction du courant, quelle que soit la force de celui-ci.

l'atelier de la Station un secteur en tôle d'acier mince et rigide d'environ 45 degrés d'ouverture ([1]). La graduation a été tracée en degrés sur l'arc du secteur, le zéro correspondant au milieu de la largeur d'une des branches. Pour faire coïncider le câble avec ce zéro d'une part, et le centre du secteur de l'autre, cette branche du secteur a été pourvue de deux petits retours d'équerre, formés en ployant le métal et percés chacun d'un petit trou dans lequel s'enfile le câble; ce dernier coïncide donc avec le rayon initial d'où part la graduation. Une pince à vis permet au secteur de glisser sur le cadre quand elle est desserrée, et le fixe quand elle est serrée au point quelconque qu'on a choisi. Du centre du secteur part un fil à plomb qui oscille devant la graduation et marque à chaque instant la valeur de l'angle α.

Tout cela est très simple et serait parfait si la mer était toujours calme comme un lac. Mais dans les conditions habituelles, le roulis et le tangage impriment au bateau des oscillations désordonnées qui rendent impossible toute lecture précise.

J'ai dû, pour y remédier, imaginer un système amortisseur qui, en laissant à la détermination de la verticale moyenne toute sa finesse, supprime les effets de ces variations brusques et momentanées de part et d'autre de sa position moyenne.

Le procédé auquel je me suis arrêté a été le suivant : j'ai fait construire un tube de verre bien calibré d'un diamètre intérieur un peu supérieur à 15^{mm} et je lui ai fait donner une courbure en arc de cercle bien régulière et d'un rayon un peu plus grand que celui du secteur, puis je l'ai fixé au moyen de deux pinces sur le secteur, parallèlement à son arc ([2]).

Ce tube a été fermé aux deux bouts, sauf un petit col pour le remplissage, après qu'on y eût introduit une bille d'automobile d'un diamètre à peine inférieur à son calibre intérieur. La bille circule librement dans le tube et se place toujours exactement au point le plus bas, indiquant ainsi par sa ligne de tangence la direction du fil à plomb. Pour transformer cet appareil aussi instable dans sa condition actuelle que le fil à plomb lui-même, il suffit

---

([1]) La figure représentant cet appareil n'a pu trouver place dans cette Note; on la trouvera dans le numéro du *Bulletin de l'Institut océanographique de Monaco* où sera publié très prochainement le Mémoire *in extenso* relatif au même sujet.

([2]) J'adresse ici tous mes remercîments à M. H. Pilon, 53, rue de Paris, à Asnières, qui a construit très habilement ce tube et qui, travaillant pour la Science, n'a voulu accepter aucune rémunération.

de remplir le tube avec de l'huile de vaseline dont la viscosité freine de façon très efficace les mouvements désordonnés de la bille, sans modifier sa position moyenne.

C'est au secteur ainsi muni de son *niveau amortisseur,* remplaçant le fil à plomb, que j'ai donné plus particulièrement le nom de *mésorhéomètre*.

Pour exécuter une expérience, on procède de la façon suivante : le bateau étant ancré en plein courant, avec une longueur de câble juste suffisante pour le maintenir afin de limiter au mieux les embardées, et le fil d'acier ayant été au préalable divisé par des traits de peinture, de 5^m en 5^m, on immerge d'abord le poids à quelques décimètres au-dessous de la surface, puis à 5^m, 10^m, 15^m, etc., par la manœuvre du petit treuil, en le laissant à chaque station juste le temps nécessaire pour faire une lecture et la noter en même temps que l'heure exacte. Lorsqu'on est arrivé au fond, on remonte par une manœuvre inverse, de 5^m en 5^m, aussi vite que possible, de manière à avoir pour chaque niveau de 5^m en 5^m deux lectures : l'une en descendant, l'autre en montant, et séparées l'une de l'autre par un intervalle de temps aussi faible que possible. On va voir dans un instant l'utilité de cette manière de procéder. Une demi-heure après, lorsque le courant de marée s'est modifié dans un sens ou dans l'autre, on recommence une double série de mesures, et ainsi de suite autant de fois que l'on veut pendant toute la marée.

J'ai d'abord fait un certain nombre d'expériences préliminaires en vue de déterminer les conditions optima non seulement de l'instrument de mesures, mais aussi de l'appareil immergé, forme, poids, surface. Puis j'ai commencé les expériences définitives et je donne ci-dessous comme exemple les résultats de l'une d'elles.

Elle a été faite le 14 novembre de cette année, avec le plateau à ailerons stabilisateurs, sur la basse d'Astan, à 3 milles environ de la côte, par une profondeur de 31^m au commencement et $32^m,25$ à la fin de l'expérience, par une marée moyenne ayant pour coefficient 82; le temps était beau et la mer modérément agitée. Le Tableau ci-dessous donne, pour chaque profondeur, l'angle observé ainsi que la racine de la tangente de cet angle, qui est proportionnelle à la vitesse du courant, et cette vitesse elle-même, obtenue en multipliant $\sqrt{\operatorname{tang}\alpha}$ par le coefficient constant C [1].

---

[1] Dans le cas actuel on a

$$C=\sqrt{\frac{2gP}{\delta kS}}=\sqrt{\frac{2\times 981\times 17\,760}{1,03\times 1,25\times 3740}}=85,067 \text{ (en unités C. G. S.).}$$

Profondeur en mètres au-dessous de la surface.	Descente : 1h 50m avant la demi-marée. Durée : 13 minutes.			Montée : 1h 28m avant la demi-marée. Durée : 27 minutes.			Descente : 1h 4m avant la demi-marée. Durée : 12 minutes.			Montée : 0h 50m avant la demi-marée. Durée : 13 minutes.			Vitesse moyenne.
	Angle α.	$\sqrt{\text{tg}\,\alpha}$.	Vitesse.	Angle α.	$\sqrt{\text{tg}\,\alpha}$.	Vitesse.	Angle α.	$\sqrt{\text{tg}\,\alpha}$.	Vitesse.	Angle α.	$\sqrt{\text{tg}\,\alpha}$.	Vitesse.	
1.......	6°	0,3242	27,58	25°.30'	[illegible]	58,75	32°	0,7905	67,25	45°	1,0000	85,07	59,66
5.......	7	0,3504	29,80	20	0,6033	51,30	31	0,7751	65,94	45	1,0000	85,07	58,02
10.......	7	0,3504	29,80	15.30'	0,5266	44,80	29.30'	0,7522	63,99	40	0,9160	77,91	54,12
15.......	7.30	0,3628	30,85	15	0,5176	44,05	29.30'	0,7522	63,99	34	0,8213	69,87	52,19
20.......	7.30'	0,3628	30,85	14	[illegible]	42,48	28.30'	0,7377	62,75	29	0,7445	63,32	49,85
25.......	10	0,4200	35,70	11.30	0,4511	38,38	28.30'	0,7377	62,75	26	0,6984	59,40	49,05
30.......	11	0,4409	37,50	11	0,4409	37,50	28.30'	0,7377	62,75	28.30'	0,7377	62,75	50,12

Les mesures étant prises en C.G.S., les vitesses sont obtenues en centimètres par seconde. Rappelons que le mille marin à l'heure ou le nœud de vitesse des marins correspond à 51cm,44 par seconde.

Ce Tableau donne lieu à diverses remarques.

1° La vitesse du courant à une même profondeur va toujours en croissant de la première expérience à la dernière. Cela s'explique aisément si l'on remarque que les quatre expériences se placent entre l'étale de basse mer et la demi-marée suivante, c'est-à-dire dans une phase où la vitesse du courant va en s'accélérant de façon progressive;

2° Si l'on compare la vitesse à des profondeurs croissantes, on voit que sa variation, quoique généralement positive, n'est pas du tout régulière : pendant la descente elle est faible et souvent nulle; pendant la montée, au contraire, elle est presque toujours très notable.

En somme, rien de bien net ne pourrait être déduit de la comparaison de ces chiffres. Cela tient à ce que la variation dépend de deux variables indépendantes qui tantôt s'ajoutent, tantôt se retranchent l'une de l'autre. En effet, par le fait que, au fur et à mesure que l'expérience progresse, on se rapproche de la demi-marée, la vitesse du courant croît avec le temps. Ce phénomène est bien connu, et l'on en a donné une valeur approximative en disant que, dans les 6 heures qui séparent une étale de l'étale suivante, la vitesse varie proportionnellement aux nombres 1, 2, 3, 3, 2, 1, la vitesse maxima 3 correspondant à la demi-marée. Mais ces données ne sont pas assez précises pour permettre d'isoler cette variable par le calcul. D'autre part, à mesure qu'on s'éloigne de la surface, la vitesse du courant va en diminuant; elle diminue donc avec le temps pendant la descente et se retranche de la variation positive due au progrès de la marée; au contraire, elle augmente avec le temps pendant la montée et s'ajoute alors à la variation due au progrès de la marée.

Ainsi, si l'on compare la différence due à la profondeur entre 10^m et 20^m par exemple, on voit que la valeur correspondant à 20^m sera, par rapport à la valeur correspondant à 10^m, trop forte pendant la descente et trop faible pendant la montée, d'où les incohérences marquées par la courbe que fourniraient les chiffres absolus du Tableau.

Mais si l'on fait la moyenne des valeurs observées à la montée et à la descente pour chaque profondeur, on voit que les variations surajoutées, dues à l'accélération du courant avec le temps, tendent à s'annuler par le fait que, à la descente, l'appareil passe par exemple, par 10^m avant d'arriver à 20^m, tandis qu'à la montée il passe par 20^m avant d'arriver à 10^m. Pour que la correction soit parfaite, il faudrait que l'accélération de la vitesse du courant de marée avec le temps soit figurée par une droite oblique et que la durée du passage d'un niveau à l'autre soit constante. Or, aucune de ces conditions n'est remplie, mais, en raison du peu de durée de chaque expérience, l'erreur moyenne n'est pas très grande. Les dernières colonnes du Tableau qui donnent les moyennes des quatre expériences montrent en effet d'une façon frappante une variation progressive et continue, qui tranche sur l'incohérence des autres colonnes et qui peut être considérée sans grosse erreur comme représentant la variation de vitesse suivant la profondeur, indépendamment de la variation de vitesse due aux progrès de la marée [1].

Il résulte de là que pour obtenir du mésorhéomètre des indications valables, il faut faire toujours les observations par paires, les deux d'une même paire étant aussi rapprochées que possible l'une de l'autre dans le temps.

J'arrêterai ici cette étude préliminaire, conscient que des expériences nombreuses et très variées sont nécessaires pour fournir les éléments d'où l'on pourra peut-être déduire la loi de variation du courant suivant la profondeur et établir la formule permettant de calculer sa vitesse à un niveau quelconque, quand on connaîtra par le loch sa vitesse à la surface et par le bathyrhéomètre sa vitesse au fond.

---

[1] Seul, le dernier chiffre de la deuxième montée (28°,5) est aberrant : il est plus fort que le précédent, bien qu'il dût être plus faible de par l'un et l'autre facteur. Cela tient à ce que la variation de la marée avec le temps ne se fait pas de façon progressive, mais par à coups. Tous les pêcheurs savent bien qu'au moment où une bouée commence à émerger par suite de l'approche de l'étale, on la voit parfois disparaître de nouveau sous l'eau pendant plusieurs minutes, par suite d'un regain momentané de vitesse du courant.

ZOOLOGIE. — *Sur l'origine marine du genre* Salmo. Note (¹) de M. G.-A. Boulenger.

Je demande à l'Académie la permission de revenir sur la question de l'origine marine du genre *Salmo* pour répondre aux objections de M. Louis Roule (²).

M. Roule nous dit que *Salmo salar* « ne se rencontre que dans les bassins hydrographiques qui dépendent de l'océan Atlantique au-dessus de 42° latitude nord », mais que, « par contre, les Truites à vie permanente en eau douce (*Salmo fario* et ses variétés) habitent non seulement ces bassins, mais encore plusieurs de ceux qui se déversent dans la Méditerranée occidentale; elles s'étendent même jusqu'à l'Afrique septentrionale ». Il pense que « leur aire d'habitat étant plus vaste que celle des formes migratrices, et moins circonscrite, on peut en conclure que l'espèce à grande répartition possède une valeur primitive par rapport aux espèces de répartition restreinte ».

Ceci n'est pas tout à fait exact. M. Roule ne peut ignorer qu'aucun *Salmo* du groupe de *S. fario*, ni rien qui s'en rapproche, n'existe à l'état indigène dans le Nouveau-Monde. La distribution de *S. fario*, prenant ce terme dans le sens le plus large, s'étend de l'Islande et du nord de l'Europe à l'Atlas, à l'Asie Mineure, à la Transcaucasie, au nord de la Perse, au versant nord de l'Hindou Kouch entre 3000^{m} et 3500^{m} d'altitude. Son aire s'étend donc sur environ 90° de longitude et 40° de latitude. *S. salar* habite l'Europe depuis l'Islande, la Laponie et le nord de la Russie jusqu'au nord du Portugal, l'Amérique du Nord depuis le Labrador et la baie d'Hudson jusqu'à la baie de Delaware, entre 39° et 65° latitude nord, une étendue de 140° de longitude et 35° de latitude. L'argument est renversé. Chacun de ces types, à exigences assez différentes, a étendu son aire géographique aussi loin que ses facultés d'adaptation le lui ont permis, voilà tout.

La moindre extension vers le Sud des formes anagames comparées aux ménogames s'explique tout simplement par l'origine incontestablement

---

(¹) Séance du 17 décembre 1917.

(²) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 721.

arctique des Salmonides telmatotoques et potamotoques ([1]). On ne peut douter que les formes méridionales de *S. trutta* soient dérivées de celui-ci par une foule d'étapes à passages insensibles, comme le prouve la difficulté de définir les races si nombreuses de cette espèce polymorphe et plastique, et il ne faut pas oublier que, contrairement à la règle, certaines Truites septentrionales, à peine séparables de la var. *fario*, descendent dans les estuaires; aussi que *S. fario* introduit aux antipodes est redevenu une Truite anagame ou Truite de mer. Pour le Saumon, la barrière a été la température de la surface de la mer et des cours inférieurs des rivières au Sud de 40° latitude nord, température à laquelle les Truites plus méridionales, toutes ménogames, ont pu se soustraire grâce à l'altitude des cours d'eau ou des lacs dans lesquels elles sont parvenues à se cantonner. Tout ceci, à mon avis, confirme pleinement la théorie de l'origine arctique et marine du genre *Salmo*, admise d'ailleurs de plus en plus généralement aujourd'hui.

A l'appui de cette théorie je pourrais faire appel à certains caractères morphologiques indiquant la dérivation de *S. fario* de *S. trutta*, mais ils ne seraient pas aussi frappants que l'exemple tiré du groupe si naturel des *Salmo* qui habitent le versant Pacifique de l'Amérique (*S. quinnat*, *S. Gairdneri*, *S. irideus*, etc.) et qui reproduisent parallèlement, et plus en grand, la série Atlantique. La réduction des rayons blanchiostèges doit être considérée comme une spécialisation, le nombre de ces rayons étant plus élevé chez les formes primitives de Malacoptérygiens (Halécoïdes d'Agassiz). Or, nous trouvons un nombre supérieur (12 à 20) chez celles des diverses espèces du versant Pacifique qui sont le plus essentiellement marines, plus encore que notre Saumon d'Europe, tandis qu'il est réduit (10 à 12) chez les espèces ménogames dont la forme terminus (*S. Nelsoni*) habite le Mexique près du tropique du Cancer, le point méridional extrême de la distribution des Salmonides potamotoques. Cette série me paraît absolument démonstrative.

Le second argument, tiré d'observations faites par M. Roule sur le

---

([1]) Il me semble qu'on peut, selon les cas, se servir à la fois des termes proposés par M. Roule et par moi, ceux-ci exprimant la migration, le voyage de noces, ce que ne font pas ceux-là, qui exigent l'adjonction des mots *migrateurs* ou *sédentaires* pour rendre la même pensée. Il n'y a pas double emploi. Le terme *potamotoques* est inadmissible pour les formes exclusivement lacustres; je propose donc celui de *telmatotoques* pour les désigner.

degré de richesse en oxygène dissous des eaux où frayent le Saumon et la Truite en France, observations qui auraient besoin d'être vérifiées sur d'autres points de l'habitat de ces deux espèces [1], tombe quand on envisage les Salmonides dans leur ensemble, y compris les types exclusivement lacustres, qu'on peut diviser en *oxthétoques* (qui frayent près des rives, comme *Salmo alpinus*, var. *salvelinus*, *Coregonus lavaretus* et *C. hiemalis*) et en *bathytoques* (qui frayent dans les profondeurs, comme *Coregonus fera* et *C. bezola*). Je considère ces derniers comme biologiquement les plus éloignés de la souche.

Je suis surpris que M. Roule fasse appel à la grosseur des œufs pour la solution du problème en question. La dimension minime des œufs chez les Salmonides thalassotoques ne peut être invoquée, car ceux-ci sont assez éloignés des genres potamotoques et ne peuvent être considérés comme représentant leurs ancêtres, étant sous bien des rapports plus spécialisés : ils appartiennent à des lignées d'évolution distinctes, comme l'indique la classification que j'ai proposée en 1904.

Selon M. Roule, les œufs de Saumon mesurent de 5^{mm} à 6^{mm}, tandis que ceux des Truites restent habituellement compris entre 4^{mm} et 5^{mm}, et il est d'avis que, chez les Salmonides qui pondent en eaux douces, les espèces à œufs les moins volumineux sont les plus primitives. Ces données ne s'accordent pas du tout avec celles que fournissent les auteurs qui se sont livrés à une étude spéciale de la question. Je renvoie surtout à l'ouvrage très documenté de Francis Day, *British and Irish Salmonidæ*. Il est à noter que la grandeur des œufs peut varier avec la taille du poisson. C'est ce qu'ont bien établi les observations faites à l'établissement de pisciculture de sir James Maitland, à Howeitoun, en Écosse, où il a été reconnu que le *Salmo fario* de la race *levenensis* produit, selon la taille à laquelle il est parvenu, des œufs variant entre $4^{mm},5$ et 7^{mm} de diamètre. D'après Fatio, les œufs mesurent de $4^{mm},7$ à $6^{mm},5$ chez la Truite ménogame de Suisse et,

---

(1) Mes doutes sont déjà confirmés. Depuis que j'ai écrit cette Note, M. J.-A. Hutton, dont l'opinion fait autorité en tout ce qui concerne la biologie du Saumon, m'a informé qu'il vient de rentrer d'une visite d'inspection aux frayères de la Wye (affluent de la Severn) où il a vu ce poisson déposer ses œufs en eaux très rapides et très riches en oxygène ainsi qu'en d'autres à courant très faible et par conséquent moins chargées de cet élément. Ce dernier fait n'est pas nouveau pour lui, il l'a constaté maintes fois au cours d'observations s'étendant sur plusieurs années; il a aussi eu l'occasion de voir le Saumon et la Truite ménogame établir leur frayères à quelques mètres l'un de l'autre, en eau en tous points semblable.

d'ordinaire, 5^{mm} à 6^{mm} chez le Saumon du Rhin. Donc, selon cet auteur, dont les travaux sur les Salmonides de Suisse jouissent d'une réputation méritée, pas de différence constante entre les deux espèces sous ce rapport. Livingston Stone a pu constater que certaines races de *S. fontinalis* des États-Unis pondent des œufs de moitié plus petits que la normale. Enfin, et ceci est absolument concluant, à l'encontre de la théorie que je combats, chez le *S. salar* ménogame de l'Amérique du Nord les œufs sont plus petits que chez le *S. salar* anagame, dont on le considère unanimement comme dérivé. La forme migratrice, à œufs plus grands, est la plus primitive. J'ajouterai que chez les Corégones, plus spécialisés, à beaucoup d'égards, que les Saumons et les Truites, et qui sont compris parmi les « Salmoninés qui pondent en eau douce », les œufs ne mesurent que 2^{mm} à 3^{mm},5 de diamètre, même chez les plus grandes espèces telles que le *Coregonus clupeiformis* des grands lacs de l'Amérique du Nord, qui peut atteindre le poids de 10^{kg} (1).

Comme le genre *Coregonus* constitue dans son ensemble un groupe plus évolué que le genre *Salmo* (2), la petitesse relative des œufs, chez les anagames comme chez les ménogames, est en contradiction avec les vues que je me suis efforcé de réfuter.

On ne connaît encore aucun exemple, appuyé sur des arguments sérieux, d'un poisson d'eau douce, d'un groupe fixé comme tel, ayant fait retour à la vie marine. Certains Salmonides feraient exception selon M. Roule; or, tout ce que nous savons de leur morphologie et de leur biologie démontre qu'il n'en est pas ainsi.

---

(1) Günther, en 1866, a fait allusion à la petitesse des œufs de *Brachymystax* parmi les caractères génériques de ce type ménogame faisant, au point de vue morphologique, le passage de *Salmo* à *Coregonus*.

(2) *Argentina*, *Osmerus*, *Salmo*, *Coregonus*, *Thymallus* représentent, au point de vue biologique, les degrés de l'échelle de la vie exclusivement marine à la vie exclusivement dulcaquicole chez les Salmonides. Il est à noter qu'en dedans du cercle polaire toutes les espèces passent au moins une partie de leur vie en mer. « La distribution actuelle des espèces et les allures remuantes de celles qui vivent encore dans les eaux salées, ainsi que l'étude comparée des modifications apportées, dans les formes et les dimensions, par les conditions d'éloignement et d'élévation du lieu de séquestration, semblent établir d'une manière péremptoire que la plupart des Corégones habitant aujourd'hui les eaux douces, jusqu'à de grandes distances des mers, doivent avoir une origine commune, à la fois marine et septentrionale, et descendre de types anciens relativement peu nombreux et peu à peu modifiés en divers sens dans différents milieux. » (V. Fatio, *Faune des Vertébrés de la Suisse*, t. 5, p. 57.)

Comme le dit M. Edmond Perrier [1], les Plésiosaures, les Ichthyosaures, les Mosasaures, ainsi que les Tortues et les Serpents de mer actuels, sont les descendants de types d'eaux douces, eux-mêmes issus de types terrestres; donc, en tant que Reptiles, et à moins de remonter à l'origine des Vertébrés, aucun n'a fait retour à la vie marine, contrairement au cas qui se présenterait dans un même ordre, une même famille de la classe des Poissons, lesquels, à l'inverse des Reptiles, ont pris naissance en eaux marines. Il y a là une différence, bien établie par la Paléontologie, qu'il ne faut pas perdre de vue et que M. Perrier a omis de faire ressortir en invoquant cet argument à l'appui de l'opinion de M. Roule.

M. **Yves Delage** fait hommage à l'Académie des deux Mémoires qu'il vient de publier sous le titre : *Étude du bathyrhéomètre et premiers résultats de son emploi*, et *Adaptation du bathyrhéomètre à l'anémomètre*.

M. **Charles Richet** offre à l'Académie l'Ouvrage suivant :

Physiologie. Travaux du laboratoire de M. Charles Richet. Tome VII. [*Vivisection. Anaphylaxie. Humorisme. Leucocytose.*] 1 vol. in-8°, de 452 pages. Paris, F. Alcan, 1917.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *Vasseur*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 31,

M. Georges Friedel obtient	. . . .	30 suffrages
M. Bigot »	. . . .	1 suffrage

M. **Georges Friedel**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 748.

PLIS CACHETÉS.

M. Gaston Julia demande l'ouverture de quatre plis cachetés reçus dans les séances des 4 juin, 27 août, 17 septembre et 10 décembre 1917, et inscrits sous les nos 8401, 8431, 8438, 8466.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, renferment les Notes suivantes :

1° *Sur les transformations ponctuelles* (pli n° 8401);
2° *Sur les substitutions rationnelles* (deuxième Note) (n° 8431);
3° *Sur les substitutions rationnelles* (n° 8438);
4° *Sur l'itération des fractions rationnelles* $z_1 = \varphi(z)$ (n° 8466).

(Renvoi à l'examen de M. G. Humbert.)

M. G. Mazères demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 17 septembre 1917 et inscrit sous le n° 8437.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Métroradioscope différentiel.*

(Renvoi à l'examen de M. M. Hamy.)

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

1° Maurice Caullery. *Les Universités et la vie scientifique aux États-Unis.* (Présenté par M. E. Roux.)

2° Société chimique de France. *Le centenaire de Charles Gerhardt.* (Présenté par M. A. Haller.)

3° S. Josefa Ioteyko. *La science du travail et son organisation.* 1 vol. in-12, de 260 pages. Paris, F. Alcan, 1917. (Présenté par M. Charles Richet.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence des séries de Fourier et des séries de Taylor.* Note de MM. **G.-H. Hardy** et **J.-E. Littlewood**, présentée par M. Hadamard.

1. M. Fatou a considéré dans sa Thèse ([1]) les séries trigonométriques

$$\frac{1}{2}A_0 + \sum A_n = \frac{1}{2}a_0 + \sum (a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta) \tag{1}$$

satisfaisant aux conditions

$$\lim n a_n = 0, \qquad \lim n b_n = 0; \tag{2}$$

et il a donné une condition nécessaire et suffisante pour qu'une telle série, qui est évidemment la série de Fourier d'une fonction sommable $f(\theta)$, soit convergente. Nous allons généraliser le résultat de M. Fatou en remplaçant les conditions (2) par les conditions plus générales que $|na_n|$ et $|nb_n|$ soient bornées.

On a, en effet, le théorème suivant :

Théorème I. — *Pour que la série*

$$a_0 + \sum (a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta) \sim f(\theta),$$

où

$$|n a_n| < 1, \qquad |n b_n| < 1, \tag{3}$$

soit convergente pour une valeur donnée de θ, *il faut et il suffit que*

$$\Phi(\alpha) = \frac{1}{2\alpha}\int_{\theta-\alpha}^{\theta+\alpha} f(t)\,dt \tag{4}$$

tende vers une limite déterminée quand α *tend vers zéro.*

a. La condition est suffisante. C'est une conséquence presque immédiate des théorèmes connus concernant la sommabilité des séries divergentes. D'après un théorème de M. Lebesgue ([2]), l'existence de la limite (4) entraîne la sommabilité de la série $\sum A_n$ par les moyennes de Cesàro d'ordre 2.

([1]) *Acta mathematica*, t. 30.

([2]) *Mathematische Annalen*, t. 61.

Mais, $|nA_n|$ étant borné, la sommabilité de la série entraîne sa convergence ([1]). On pourrait l'établir autrement en démontrant (au moyen de l'intégrale de Poisson, comme le fait M. Fatou) l'existence de la limite

$$\lim_{r=1} \sum A_n r^n,$$

et en faisant application d'un théorème de Littlewood ([2]).

b. La condition est nécessaire. La démonstration se fonde sur le lemme suivant : *La série $\sum A_n$ étant convergente, on a*

$$\lim_{m=\infty} m^{-p} \sum_{1}^{m} n^p A_n = 0.$$

UNIFORMÉMENT POUR TOUTES LES VALEURS ENTIÈRES POSITIVES DE p. Cela étant, nous posons

$$m = k\left[\frac{1}{\alpha}\right] \qquad (k>1)$$

(d'où

$$\frac{1}{2}k < m\alpha \leq k,$$

pour les valeurs suffisamment petites de α), et nous supposons, pour simplifier l'écriture, que $a_0 = 0$. Alors on a

$$\Phi(\alpha) = \sum_{1}^{\infty} A_n \frac{\sin n\alpha}{n\alpha} = \sum_{1}^{m} + \sum_{m+1}^{\infty} = \Phi_1 + \Phi_2;$$

$$|\Phi_2| < \frac{1}{\alpha} \sum_{m+1}^{\infty} \frac{1}{n^2} < \frac{1}{m\alpha} < \frac{2}{k}$$

et

$$\Phi_1 = \sum_{1}^{m} A_n \sum_{0}^{\infty} \frac{(-1)^p (n\alpha)^{2p}}{(2p+1)!} = \sum_{0}^{\infty} \frac{(-1)^p \alpha^{2p}}{(2p+1)!} \sum_{1}^{m} n^{2p} A_n,$$

d'où

$$\left| \Phi_1 - \sum_{1}^{m} A_n \right| < \varepsilon \sum_{1}^{\infty} \frac{(m\alpha)^{2p}}{(2p+1)!} < \varepsilon e^{m\alpha} \leq \varepsilon e^k$$

([1]) HARDY, *Proc. London Math. Soc.*, t. 8.

([2]) *Proc. London Math. Soc.*, t. 9.

pour $m > m_0(\varepsilon)$. Donc

$$\left|\Phi - \sum A_n\right| < \frac{2}{k} + \varepsilon e^k + \varepsilon$$

pour $m > m_0(\varepsilon)$. Le nombre positif δ étant donné, on peut prendre

$$k = \frac{4}{\delta}, \qquad \varepsilon = \frac{\delta}{3} e^{-k};$$

et l'on en tire

$$\left|\Phi - \sum A_n\right| < \delta$$

pour $m > m_0(\delta)$, c'est-à-dire pour $0 < \alpha < \alpha_0(\delta)$; ce qui achève la démonstration du théorème.

2. Dans le même ordre d'idées, nous avons démontré un théorème analogue concernant les séries de Taylor.

Théorème II. — *Soit* $|na_n| < 1$. *Alors, pour que la série* $\sum a_n$ *soit convergente, il faut et il suffit que*

$$\Phi(x) = \frac{1}{1-x} \sum \frac{a_n}{n+1}(1 - x^{n+1}) \qquad (|x| < 1)$$

tende vers une limite déterminée quand x *tend vers un suivant un chemin simple continu quelconque* C.

C'est une généralisation des théorèmes 49 et 50 de notre Mémoire : *Contributions to the arithmetic theory of series* [1]. Là, nous avons supposé que na_n tend vers zéro.

Nous dirons que le chemin C est *régulier* s'il s'approche du point $x = 1$ dans une direction déterminée (qui peut d'ailleurs être tangente au cercle $|x| = 1$). Cela étant, il suffit, en particulier, pour la convergence de la série $\sum a_n$, que $f(x) = \sum a_n x^n$ tende vers une limite déterminée quand x tend vers un suivant un chemin régulier quelconque C. Mais cette condition n'est pas nécessaire. Si l'on pose

$$a_n = \frac{1}{n \log n} \sin \frac{n\pi}{r} \qquad (n_r = e^{e^{e^r}},\ n_r < n < n_{r+1}),$$

la série $\sum a_n$ est convergente. Mais $f(x)$ ne tend vers aucune limite déterminée quand C a un ordre de contact assez élevé avec le cercle.

---

(1) *Proc. London Math. Soc.*, t. 2.

MÉCANIQUE. — *Mesure de l'intensité du champ de pesanteur : Pendule de Galilée et tube de Newton.* Note de M. **Guillet**, présentée par M. Appell.

Le pendule est un instrument remarquable. D'une part, son histoire est étroitement liée à l'histoire même des progrès de la Physique, et d'autre part, il a reçu deux applications fondamentales : 1° la mesure du temps; 2° la mesure de g, et par extension de la dynamique de Galilée, d'un champ d'origine quelconque.

Bien qu'il soit d'opinion courante que rien en cela ne saurait remplacer le pendule avec quelque avantage, il est évident que l'emploi *exclusif* du pendule pour la mesure précise du champ de pesanteur n'est pas justifié; et il conviendrait d'utiliser, de préférence, un tube de Newton convenablement disposé.

Si l'on part de la formule du pendule

$$g = 4\pi^2 l \left(\frac{n}{t}\right)^2 \varphi^2(\alpha), \tag{1}$$

la technique opératoire consiste à déterminer : 1° la longueur l; 2° une fréquence, c'est-à-dire un nombre d'oscillation n et un temps t. Quant à la série $\varphi(\alpha)$, elle sert au calcul de la correction dite *de réduction à l'amplitude infiniment petite* qui exige seulement le relevé approché d'amplitudes d'oscillation.

Avec un tube de Newton on aurait aussi à mesurer une longueur h et un temps t puisque $g = \frac{2h}{t^2}$.

En ce qui concerne la longueur, l'avantage appartient avec évidence à la seconde méthode puisque la longueur h s'y trouve nettement définie et directement accessible, alors qu'il faut, au préalable, ajuster le pendule de façon que les arêtes des couteaux deviennent des axes réciproques avant de procéder à la mesure de l; ou encore déterminer une masse et des longueurs auxiliaires si l'on opère selon Borda, cette dernière méthode ne supprime pas d'ailleurs l'opération d'ajustement : pour que le couteau n'intervienne pas dans le calcul de l, il faut en effet régler les choses de manière que le couteau oscille seul dans le même temps que le pendule complet [1].

---

[1] On peut encore, comme l'a réalisé Bessel, tirer g de la mesure des durées d'oscillations T_1 et T_2 d'un pendule à fil raccourci ou allongé de L, une toise de France,

Comme dans les deux cas $g = jt^2$ si l'on doit déterminer g avec une erreur relative de $p^{-1 \text{ième}}$, il faut mesurer le temps avec une erreur relative de moins de $2p^{-1 \text{ième}}$.

A ce point de vue le pendule, en raison de la longue durée de son fonctionnement, semble reprendre l'avantage; par application de la *méthode des concours* de de Mairan il se prête à une comparaison directe de sa période avec celle du pendule unité, si bien qu'alors on obtient tout à la fois les valeurs de n et de n' pour les deux pendules, entre deux coïncidences, c'est-à-dire au cours d'une même durée et par suite une valeur apparemment fort exacte de T.

Mais tout cela ne va pas sans difficultés. Aucune des conditions de la théorie ne se trouve pleinement réalisée : le pendule n'oscille pas autour d'une droite horizontale, mais sur un couteau dont le profil est mal défini, s'appuyant sur un plan matériel dont la dureté relative, la courbure et la pente interviennent; il se meut d'ordinaire au sein de l'atmosphère et non point dans le vide; il n'est pas indéformable; le support n'est pas inébranlable; la pression atmosphérique, l'état hygrométrique et la température, et peut-être le pendule unité, varient au cours de l'opération qui est fort longue, etc. Toutes ces influences perturbatrices, signalées par divers physiciens français et anglais, ont été systématiquement étudiées par Bessel, à l'occasion des recherches patientes qu'il a poursuivies à l'Observatoire de Königsberg; les procédés de correction qu'il a élaborés, et qui exigent l'emploi d'un *pendule à réversion de forme extérieure symétrique et à couteaux interchangeables*, mettent en saisissant relief les causes d'erreur de tous ordres qui interviennent dans la méthode du pendule et les complications que la recherche de leur élimination entraîne.

Avec le tube de Newton, rien de pareil; aucune difficulté de construction; plus de réaction possible du support soit par entraînement, soit par trépidation du sol, puisque le mobile est libéré de tout contact avec l'extérieur; aucune déformation élastique à redouter; élimination de toute action de viscosité, de pression ou autres, puisque rien n'est plus aisé que d'opérer dans le vide en raison de l'extrême simplicité de l'appareil et de la brièveté de l'expérience, etc.

A un autre point de vue, un tel appareil installé dans un laboratoire four-

---

entre deux déterminations de la période

$$g = \frac{4\pi^2}{T_2^2 - T_1^2} L \varphi^2(\alpha).$$

nirait, par l'adoption d'une chute de hauteur fixe, non pas à proprement parler un *étalon de temps*, mais une *durée invariable* utile.

Voici, *en principe*, comment j'ai disposé les choses, dans des essais concluants réalisés en 1912 :

Une pile P et un électro-aimant E font partie d'un circuit comprenant les contacts c_1 (station supérieure) et c_3 (station inférieure) *d'abord fermés*. Le corps S_1 de forme sphérique, suspendu à la lame ressort A_1B_1 par le fil *a*, fléchit cette lame vers le bas; dès qu'on produit la rupture du fil *a*, le ressort A_1B_1 se relève et le circuit s'ouvre en c_1, le départ du corps est donc signalé par le retour à sa position de repos de l'armature de l'*électro* E. Bientôt, le ressort A_1B_1, prenant appui en c_2 sur l'extrémité de la vis v_2, rétablit le circuit de la pile, et arme l'électro. Dès que le corps parvient en S_2, au terme de sa chute, la lame ressort A_2B_2 est fléchie vers le bas, le circuit se trouve ainsi ouvert en c_3 et un nouveau retour de l'armature à sa position de repos signale l'arrivée du mobile. Comme l'électro fonctionne rigoureusement dans les mêmes conditions, *à tous les points de vue*, au départ et à l'arrivée il ne saurait introduire de retard qui lui soit propre ([1]).

Rien n'est plus simple que de substituer des signaux lumineux aux signaux électriques ou encore d'employer ces signaux simultanément : il suffit de faire servir les ruptures du circuit en c_1, c_3 à produire des étincelles entre les pôles d'un petit éclateur excité par une bobine d'induction convenable ([2]).

J'indiquerai ailleurs le détail de la construction et de l'installation de l'appareil, de la mesure de la hauteur de chute et surtout de la mesure du temps conduisant à l'approximation que l'on est en droit d'exiger pour *g*. Par cette Note, je désire surtout suggérer, qu'en raison des progrès accomplis dans la mesure des longueurs et des durées brèves au cours des XVIII[e] et XIX[e] siècles, le tube de Newton doit désormais prendre la place qui lui revient dans nos techniques.

([1]) Dans d'autres essais, j'ai employé deux électros et un corps S en fer très doux; le circuit de l'électro placé à la station inférieure n'est fermé qu'au moment où le mobile prend contact avec lui et le corps se trouve du même coup immobilisé par attraction.

([2]) On peut aussi se servir de la disparition ou de l'apparition, commandée par le corps, d'une fine image produite par un faisceau permanent de lumière dirigée au moyen de lentilles et de deux prismes à réflexion totale.

ASTRONOMIE. — *Sur une détermination à l'astrolabe à prisme de la latitude de l'Observatoire de Paris.* Note de Mme **E. Chandon**, présentée par M. B. Baillaud.

Les observations que j'ai faites à l'astrolabe à prisme grand modèle de MM. Claude et Driencourt, dans le courant de l'année 1916, m'ont conduite à une nouvelle détermination de la latitude de l'Observatoire de Paris. Je rappelle que le principe de l'astrolabe à prisme repose sur la méthode des hauteurs égales de Gauss généralisée.

Du 31 mai au 7 août, 19 séries d'observations ont donné un total de 819 étoiles. Ces observations, faites avec le grossissement 150, ont été enregistrées au moyen d'un manipulateur électrique sur le chronographe imprimant de P. Gautier.

Pour dresser le cahier de calages, je me suis servie de la liste générale provisoire d'étoiles fondamentales préparée par M. Lagarde et publiée dans la *Connaissance des Temps de* 1914. Les positions des étoiles que j'ai observées ont été prises dans le Catalogue de Lewis Boss.

On sait que chaque observation à l'astrolabe fournit une équation de la forme

$$(E) \qquad x \sin Z + y \cos Z + \Delta S_a = d,$$

où d et Z sont fonctions de la latitude et des coordonnées équatoriales de l'étoile observée; x, y et ΔS_a sont inconnues, y en particulier est la quantité dont il faut corriger la valeur approchée admise pour la latitude dans le calcul de d et de Z.

C'est la méthode de Cauchy-Tisserand que j'ai employée pour la résolution des 19 systèmes d'équations (E).

On trouvera dans le Tableau suivant les valeurs obtenues ainsi pour la latitude de l'Observatoire de Paris (façade méridionale).

Dans la colonne e_m figurent les erreurs moyennes correspondantes.

Dates 1916.		Nombre d'étoiles.	Latitude l.	e_m.	L — l.
Mai	31..........	26	48°.50′.11″,38	± 0″,11	— 0″,17
Juin	18..........	38	11,00	± 0,13	+ 0,21
»	20..........	40	11,24	± 0,12	— 0,03
»	22..........	28	11,37	± 0,10	— 0,16
»	30..........	27	11,20	± 0,13	+ 0,01
Juillet	1er..........	47	11,08	± 0,17	+ 0,13
»	5..........	41	11,12	± 0,14	+ 0,09
»	10..........	38	10,95	± 0,17	+ 0,26
»	15..........	47	11,05	± 0,12	+ 0,16
»	19..........	42	11,28	± 0,17	— 0,07
»	21..........	44	11,43	± 0,10	— 0,22
»	26..........	44	11,25	± 0,15	— 0,04
»	29..........	49	11,04	± 0,14	+ 0,17
»	31..........	52	11,36	± 0,13	— 0,15
Août	1er..........	52	11,33	± 0,15	— 0,12
»	3..........	53	11,36	± 0,16	— 0,15
»	5..........	52	11,12	± 0,11	+ 0,09
»	6..........	49	11,19	± 0,13	+ 0,02
»	7..........	50	45.50.11,16	± 0,16	+ 0,05

La moyenne L de ces valeurs particulières de la latitude est

$$48^\circ 50' 11'',21 \qquad \text{(pour 1916,5).}$$

La concordance des valeurs individuelles est satisfaisante, ainsi que le prouvent les écarts L — l; elle permet de penser qu'il serait intéressant de poursuivre ces déterminations tout le long de l'année dans le but d'étudier la variation de la latitude.

Les déterminations précises de latitude, effectuées depuis 1851 à l'Observatoire de Paris, sont tirées, pour la plupart, d'observations méridiennes faites aux cercles de Gambey, de Fortin, de Rigaud et au Grand Cercle méridien. La moyenne des valeurs de la latitude, fournies par ces divers instruments de 1851 à 1892, est

$$48^\circ 50' 11'',07 \qquad \text{(façade méridionale).}$$

La détermination la plus récente faite de 1899 à 1901 au Cercle méridien du Jardin est basée sur des observations d'étoiles très voisines du pôle dans deux positions à peu près symétriques par rapport au cercle horaire de 6h ou 18h. Elle a donné, pour la latitude de la façade méridionale de l'obser-

vatoire,

$$48^{\circ}50'11'',3.$$

[*Annales de l'Observatoire de Paris*, 1900 (*Observations*).]

ASTRONOMIE. — *Sur la loi des densités à l'intérieur d'une masse gazeuse.* Note [1] de M. A. Véronnet, présentée par M. P. Puiseux.

Depuis la découverte de la température critique, on admet généralement que le Soleil et les étoiles sont presque totalement à l'état gazeux. Il en est peut-être de même pour de grosses planètes, comme Jupiter, ou pour d'autres astres à faible densité et plus mystérieux, les nébuleuses et les comètes.

Pour se faire une idée des conditions physiques qui doivent se rencontrer à l'intérieur, on a d'abord appliqué la loi des gaz parfaits $pv = RT$. Mais les conditions à la surface et au centre restaient très mal définies, même en admettant des hypothèses arbitraires, comme celle d'un équilibre adiabatique, qui suppose des modifications physiques assez rapides pour que les pertes ou échanges de chaleur n'aient pas le temps de se produire. On trouvait au centre des températures invraisemblables de 10 à 100 millions de degrés, nécessaires pour que la densité n'y soit pas infinie [2].

Les expériences d'Amagat sur les hautes pressions ont assigné aux gaz un volume limite v_0 et une densité maximum ρ_0. La formule des gaz réels peut s'écrire simplement (Dupré, 1864)

$$(1) \qquad p(v - v_0) = RT \qquad \text{ou} \qquad p\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0}\right) = \frac{RT}{\mu}.$$

Supposons la température uniforme et calculons dp, que nous portons dans la formule

$$(2) \qquad dp = -\gamma\rho\, dr,$$

qui donne l'accroissement de pression par rapport au rayon dans une masse sphérique. Nous obtenons la formule remarquable

$$(3) \qquad d\rho = \alpha\rho(1-\rho)^2\, dr,$$

---

[1] Séance du 17 décembre 1917.

[2] J. Homer Lane, *Amer. Journal*, 2e série, t. 50, 1870, p. 57. — Sir W. Thomson, *Phil. Mag.*, 5e série, vol. 23, 1887, p. 287. — T.-J.-J. See, *Astr. Nach.*, n° 4053, vol. 169, 1905, p. 321.

où l'on a pris comme unité de densité la densité limite du gaz et comme unité de longueur r_1 le rayon de l'astre. On a

$$\alpha = -\frac{\gamma\mu r_1}{RT} = -f\frac{M}{r_1}\frac{\mu}{RT}.$$

La constante α qui détermine complètement la courbe des densités dépend donc du potentiel de gravitation de l'astre et de la constante du gaz. Elle résume les conditions astronomiques et les conditions physiques.

Supposons en plus que, au moins sur une certaine épaisseur et en première approximation, la pesanteur γ reste constante (on verra que cette condition est pratiquement et largement réalisée), on obtient

(4) $$\rho'' = \alpha\rho'(1-\rho)(1-3\rho).$$

Il y a inflexion de la courbe des densités pour

(5) $$\rho = \frac{1}{3}, \qquad \text{d'où} \qquad \rho'_m = \frac{d\rho}{dr} = \frac{4}{27}\alpha.$$

Les formules plus compliquées de Van der Vaals, etc. conduisent au même résultat. La variation maximum de la densité dans le cas du Soleil est $\rho'_m = 570$, en prenant $\mu = 1$, poids moléculaire de l'hydrogène dissocié, $T = 6000^\circ$ et $R = 8,32 \times 10^7$ en C. G. S. La densité varie donc tellement vite en ce point qu'elle passerait de 0 à ρ_0 pour une augmentation en profondeur de $\frac{1}{570}$ seulement du rayon ou de 1230^{km} sur 700000^{km}. A partir d'une certaine profondeur, d'une certaine pression, la densité tend donc très rapidement vers la densité maximum limite ([1]).

Les calculs pratiques confirment ce résultat. On obtient une densité des $\frac{2}{3}$ à 530^{km}, et des $\frac{9}{10}$ à 2100^{km} seulement au-dessous de la couche d'inflexion. La hauteur de la couche où la pression serait égale à une atmosphère, serait de 1900^{km} et l'étude des raies brillantes de la couche renversante indique à son niveau une pression de l'ordre de quelques atmosphères. Si, au lieu d'hydrogène, on suppose ces couches formées d'oxygène ou d'azote dissociés, ces nombres sont à diviser par 16 ou 14. Les profondeurs ci-dessus sont réduites à 35^{km}, 140^{km} et 130^{km}. On voit qu'on avait le droit de considérer γ comme constant.

Il y aura donc toujours, dans une masse gazeuse importante (on aurait

([1]) Cette idée est déjà présentée comme probable dans un travail de M. Eddington (*Monthly Notices*, novembre 1916).

pour Jupiter la même variation kilométrique), formation d'un véritable noyau presque homogène, à densité aussi faiblement croissante que pour un liquide ou un solide, et se comportant de même. Ce noyau sera surmonté d'une atmosphère où la densité et la pression varieront rapidement, en progression géométrique. Ce saut de densité sera presque aussi accentué qu'entre notre atmosphère et la mer. Les vapeurs du noyau se diffuseront dans l'atmosphère et s'y condenseront en brouillards et nuages (photosphère et couche renversante). Les mouvements de l'atmosphère pourront arriver à découvrir le noyau dans les taches. En tout cas, on doit considérer la photosphère comme reposant directement sur le noyau, à la façon des brouillards plutôt que des nuages.

Dans l'expression (3), considérons γ contenu dans α comme variable. La dérivée logarithmique donne

$$\frac{\rho'' r}{\rho'} = \frac{\rho' r}{\rho}\,\frac{1-3\rho}{1-\rho} + \frac{\gamma' r}{\gamma}. \tag{6}$$

Dans cette expression, le second terme est toujours égal à 1 au centre et reste positif jusqu'à ce que la densité descende à $\rho = \frac{2}{3}D$ (D étant la densité moyenne). Le premier terme est toujours nul au centre avec $\rho' r$. Au voisinage du centre, ρ'' aura donc toujours le signe de ρ', c'est-à-dire sera négatif. La courbe des densités aura sa concavité tournée vers le bas.

Pour $\rho < \frac{2}{3}D$ et $\rho < \frac{1}{3}\rho_0$, les deux termes du second membre sont négatifs et ρ'' est positif. Il y aura donc toujours un point d'inflexion dans la courbe des densités. Il y aura donc toujours une sorte de noyau au centre de la masse gazeuse, quelle que soit la faiblesse de la masse totale.

ACOUSTIQUE. — *Le son du canon à grande distance.* Note de M. V. Schaffers, présentée par M. Branly.

J'ai constaté qu'un vent contraire et une température élevée favorisent très nettement la propagation à grande distance du bruit du canon. D'autres personnes ont fait la même constatation dans le Kent, du moins en ce qui concerne le vent (voir le *Times* du 24 août 1917). La maison que j'habite est dans le Sussex (Angleterre), à 165^{km} du front de Flandre, à 140^{m} d'altitude et à 5^{km} de la mer.

Déjà, pendant l'été de 1915, j'avais entendu assez souvent la canonnade

et rarement, au contraire, pendant l'hiver suivant. On sait que le grondement des bombardements de la Somme eut ici une intensité et une persistance qui attirèrent l'attention générale pendant tout l'été et l'automne de 1916. Or, en juin et juillet, le vent eut constamment une composante W, août n'eut que 4 jours à composante E, septembre et octobre n'en comptèrent pas beaucoup plus. L'hiver et le printemps suivants furent remarquables par l'absence presque complète du bruit du canon; et ces deux saisons furent anormalement froides. Par exemple, nous n'avons pas entendu ici les bombardements qui accompagnèrent l'offensive anglaise du mois d'avril 1917 devant Arras.

L'été venu, les grondements se firent entendre de nouveau, mais moins fréquemment qu'en 1916, et pas une seule fois on ne les aperçut avec certitude quand le vent avait une composante E.

L'agitation de l'air ne semble pas être un obstacle insurmontable. Plus d'une fois, notamment les 16, 18, 23 et 24 août 1917, j'ai reconnu le canon dans les intervalles de silence du vent, même pendant de véritables tempêtes.

Il est utile de remarquer que l'élévation de la température près du sol et l'accroissement de la vitesse du vent (contraire) avec l'altitude n'ont pas seulement pour effet, comme on l'a dit, d'incliner en arrière le front de l'onde sonore au départ, mais aussi de le redresser à l'arrivée, quand il redescend avec une inclinaison opposée. Par conséquent, les deux causes agissent dans le même sens, au départ et à l'arrivée, pour reporter plus loin sur le sol l'incidence de la direction de propagation.

On s'est beaucoup occupé, il y a une vingtaine d'années, de grondements mystérieux qu'on perçoit quelquefois au bord de la mer par temps chaud et calme. On ne croyait pas pouvoir les rapporter à des exercices de tir ou à des orages, parce qu'il était aisé de vérifier qu'il n'y en avait pas eu *dans le voisinage*. Ce que nous avons appris pendant la guerre actuelle rend très probable qu'en réalité il ne s'agissait pas d'autre chose, mais que la source était à chercher beaucoup plus loin qu'on ne croyait. Ainsi, sur la côte belge (où on les appelle *mistpoeffers*), le temps par lequel ils se font entendre remplit justement le plus souvent ces deux conditions (haute température et vent d'E) qui doivent permettre l'audition des tirs effectués soit dans l'estuaire de la Tamise, soit au loin dans la Manche.

OPTIQUE. — *Sur l'emploi du stéréoscope pour l'examen de projections superposées.* Note de M. Henry Hubert.

Si la projection orthogonale d'une surface quelconque, représentée par des courbes de niveau, donne dans la majorité des cas des figures très claires et très faciles à interpréter, il n'en est plus de même lorsqu'on se propose de représenter, sur la même feuille de papier, deux surfaces superposées : par exemple, la surface topographique et la surface, supposée continue, soit des eaux souterraines, soit d'une couche géologique. A plus forte raison, la projection deviendrait indéchiffrable si l'on voulait représenter à la fois ces trois surfaces superposées.

Je me suis posé la question de savoir si une telle représentation pouvait être rendue parfaitement claire, et il m'a semblé que la solution du problème résidait dans la transformation des deux ou trois projections superposées en deux vues, destinées à être examinées simultanément au stéréoscope. Grâce à ce procédé, qui, à ma connaissance, n'a pas encore été employé, la fusion stéréoscopique des deux vues rend les projections superposées absolument indépendantes l'une de l'autre, puisqu'elles apparaissent en relief.

On voit tout de suite que les deux images sréréoscopiques sont de très faibles déformations des projections orthogonales. En effet, les plans des unes et des autres étant parallèles, toute courbe de niveau d'une projection est représentée, sur les vues stéréoscopiques, par une figure homothétique. D'autre part, comme il sera aisé d'exagérer le relief à son gré, on pourra non seulement faire valoir les détails restés invisibles sur les projections, mais encore on pourra rendre celles-ci aussi indépendantes l'une de l'autre qu'on le voudra.

La transformation des projections orthogonales superposées en vues stéréoscopiques est des plus simples, puisqu'il n'y a à se préoccuper, pour la construction de chaque courbe, que du rapport de réduction et de la position du centre de la feuille de papier sur laquelle sont les projections.

Chaque courbe étant, par rapport à celle d'une cote immédiatement inférieure, supposée rapprochée de l'observateur d'une quantité proportionnelle à l'équidistance graphique (quantité choisie arbitrairement une fois pour toutes) le rapport de réduction est donné par la formule $\frac{\alpha}{f}$, dans laquelle α est une variable égale à la distance de la feuille de papier aux

yeux de l'observateur, et f une constante égale à la distance comprise entre les yeux de l'observateur et les vues stéréoscopiques.

Quant au centre M de la feuille de papier il se déplace le long de la normale aux vues stéréoscopiques qui passe par le milieu de la ligne joignant les centres optiques O et O′ des deux yeux. Par suite, sa projection m se trouve toujours sur l'horizontale xy passant par les centres S et S′ des vues stéréoscopiques. De plus, il est d'autant plus à gauche (pour l'œil droit) ou plus à droite (pour l'œil gauche) de S et de S′ que la variable α est plus petite. On obtient sa position soit par construction (intersection de OM et de O′M avec xy), soit par le calcul $\left(m\mathrm{S} = \frac{df}{\alpha}\right.$, formule dans laquelle d est une constante égale à $\left.\frac{\mathrm{OO'}}{2}\right)$.

La construction des deux vues est d'autant plus simplifiée que la projection de chaque courbe destinée à l'œil gauche est rigoureusement superposable à la projection correspondante destinée à l'œil droit. La seule différence entre deux courbes correspondantes est que la projection du centre M, au lieu d'avoir la même position par rapport à S et à S′, est placée symétriquement par rapport au milieu de la droite joignant ces deux points.

Dans la pratique, il y a avantage à dessiner, très agrandies, les images stéréoscopiques et à les réduire photographiquement. Il y a aussi intérêt à ne pas mettre les deux vues correspondantes sur le même support, d'abord afin que chacun puisse les placer à l'écartement le plus favorable, ensuite et surtout pour qu'on puisse intervertir la position des deux vues et avoir ainsi un relief inversé, plus commode pour l'observation de certains détails.

Ce procédé, donnant des dessins d'un relief aussi saisissant qu'on le veut, serait sans doute avantageusement employé pour la construction des cartes aéronautiques.

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur une relation entre les propriétés réfractives et la constitution chimique des corps gras.* Note de M. C. CHÉNEVEAU, présentée par M. J. Violle.

Chimiquement, on peut considérer un corps gras (graisse ou huile) comme constitué par des glycérides d'acides gras saturés, solides à la température ordinaire, et par des glycérides d'acides gras non saturés, liquides à la même température.

J'ai pu mettre en évidence certaine relation entre les propriétés réfractives et cette constitution, en admettant qu'un corps gras, à l'état liquide, peut être physiquement considéré comme une solution d'un ou plusieurs glycérides saturés dans un ou plusieurs glycérides non saturés.

Il résulte de cette assimilation du corps gras à une solution les quelques conséquences intéressantes suivantes :

1° L'application de la loi des solutions est immédiate et donne

$$\underbrace{\Sigma p \frac{n-1}{d}}_{\text{Glycérides solides.}} + \underbrace{\Sigma p' \frac{n'-1}{d'}}_{\text{Glycérides liquides.}} = \underbrace{100 \frac{N-1}{D}}_{\text{Corps gras.}}$$

avec

$$\Sigma p + \Sigma p' = 100.$$

La formule précédente permet de connaître l'indice de réfraction N du corps gras, si l'on sait sa teneur en glycérides, ou, inversement, connaissant l'indice de réfraction du corps gras, de déduire la proportion centésimale en glycérides solides et liquides. Il faut avoir pour cela les pouvoirs réfringents spécifiques des glycérides purs. Quelques-uns sont connus, ceux des glycérides saturés; les autres, ceux des glycérides non saturés autres que l'oléine, peuvent être estimés d'après leur réfraction moléculaire qui est la somme des réfractions atomiques et de la réfraction des doubles liaisons éthyléniques.

En s'adressant, par exemple, à une graisse fondue, de constitution plus simple qu'une huile, on peut très bien vérifier la loi des solutions :

			Glycérides p. 100				N − 1	
Graisse.	θ.	D.	solides p.	liquides p'.	$\frac{n-1}{d}$.	$\frac{n'-1}{d'}$.	calculé.	observé
Saindoux........	40°	0,89	41	59	0,499	0,528	0,4593	0,4592
Suif de bœuf.....	40°	0,89	51,7	48,3	0,503	0,528	0,4584	0,4586

2° L'explication du peu de différence entre les indices de réfraction des corps gras découle immédiatement du peu de différence entre les propriétés réfractives des glycérides.

3° Si l'on considère que l'indice d'iode I (constante industrielle la plus importante du corps gras) donne la teneur en glycérides non saturés, on a

$$p' = kI,$$

et la loi des solutions peut se ramener à la forme

$$N - 1 = A + BI,$$

c'est-à-dire qu'il y a une relation linéaire entre l'indice de réfraction et l'indice d'iode d'un corps gras. Cette relation met en jeu deux coefficients A et B qui pourraient, jusqu'à un certain point, caractériser le corps gras.

4° Un certain nombre d'huiles végétales, parmi les plus usuelles, peuvent se grouper suivant une même loi linéaire entre leurs indices de réfraction et leurs indices d'iode (valeurs moyennes). Les huiles siccatives ou demi-siccatives se trouvant, à la température de 15°, sur une première droite, les huiles non siccatives se trouvent sur une seconde droite plus inclinée que la première sur l'axe des abscisses; de plus, au fur et à mesure que la température augmente, les deux droites tendent à devenir identiques, comme le montre le Tableau suivant :

	Huiles	
θ.	siccatives ou demi-siccatives.	non siccatives.
15°....	$N - 1 = 0,4667 + 0,000079 I$	$N - 1 = 0,4466 + 0,000289 I$
22....	$0,4638 + 0,000082 I$	$0,4440 + 0,000289 I$
25....	$0,4609 + 0,000101 I$	$0,4404 + 0,000320 I$
40....	$0,4551 + 0,000098 I$	$0,4551 + 0,000084 I$
60....	$0,4450 + 0,000113 I$	$0,4450 + 0,000113 I$

Ce groupement des huiles usuelles en deux classes, suivant leur siccativité, et le changement de ce groupement avec la température, peuvent s'expliquer par l'assimilation de l'huile à une solution de glycérides et par la faible variation de la réfraction spécifique d'un corps dissous avec la température.

5° L'addition à la loi des solutions pour les indices de réfraction et pour les indices d'iode d'une troisième relation entre les deux indices, analogue à la relation précédente, peut permettre de connaître la teneur et d'affirmer la nature d'une huile qu'on suppose mélangée à une autre huile, du moins s'il s'agit d'huiles courantes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Séparation des amines secondaires provenant de l'hydrogénation catalytique de l'aniline.* Note de M. Gustave Fouque, transmise par M. Paul Sabatier.

L'hydrogénation catalytique de l'aniline, pratiquée suivant les indications de MM. Sabatier et Senderens [1], fournit, en même temps que la

---

[1] Paul Sabatier et Senderens, *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 457, et *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. 4, 1905, p. 376.

cyclohexylamine, de la dicyclohexylamine, de la cyclohexylaniline, de la diphénylamine et quelques produits accessoires, benzène, cyclohexane, goudrons.

La séparation par simple distillation fractionnée de quantités quelque peu notables des trois amines secondaires n'étant pas pratique, j'ai été amené à établir un procédé de séparation méthodique, en mettant à profit les faits suivants :

1° L'hydrate de dicyclohexylamine est une base forte, qui fournit un carbonate solide, soluble dans l'eau, et trois sulfates solubles, non hydrolysables, le sulfate neutre, le sesquisulfate et le bisulfate.

2° La cyclohexylaniline ne donne pas de carbonate. Elle fournit un sulfate neutre, un sesquisulfate et un bisulfate, hydrolysables, mais solubles dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique.

3° L'aniline ne donne pas de carbonate.

4° Le sulfate de diphénylamine n'a pas été isolé.

Mode opératoire. — Par une première distillation, sous la pression ordinaire, on sépare les produits de l'hydrogénation qui passent au-dessous de 210°.

Ceux-ci, distillés de nouveau, fournissent trois portions :

La première, constituée par les produits qui passent au-dessous de 190°, ne renferme pas d'amines secondaires ;

La seconde *a*, mélange d'aniline et de dicyclohexylamine, passe de 190° à 210° ;

Enfin, la portion non distillée.

On réunit cette dernière au résidu de la première distillation, et l'on distille le mélange sous pression réduite, à 30^{mm} par exemple. Sous cette pression, tout passe au-dessous de 180°, sauf les goudrons qu'on rejette.

Le produit est un liquide huileux, légèrement ambré, qu'on soumet à une nouvelle distillation sous la pression ordinaire, à l'effet d'obtenir quatre portions :

Celle qui passe au-dessous de 190°, ne renfermant pas d'amine secondaire; celle *b* qui passe de 190° à 210°, mélange d'aniline et de dicyclohexylamine ; celle *c* qui passe de 210° à 265°, constituée par de la dicyclohexylamine et de la cyclohexylaniline ; enfin, la portion non distillée *d*. Cette dernière est un mélange de dicyclohexylamine, de cyclohexylaniline et de diphénylamine, qu'il convient de distiller sous pression réduite, pour le débarrasser de quelques goudrons.

Après ces fractionnements, qui ont été combinés de façon à réduire au minimum les quantités de produits distillés sous pression réduite, on réunit les portions *a* et *b* d'une part, *c* et *d* d'autre part.

On se trouve alors en possession de deux mélanges : l'un qui ne renferme que de l'aniline et de la dicyclohexylamine, l'autre qui est constitué par de la dicyclohexylamine, de la cyclohexylaniline et de la diphénylamine.

On soumet séparément chacun de ces mélanges à l'action de l'acide carbonique ([1]). Pour cela, on place le produit, avec cinq fois son volume d'eau, dans un grand flacon bouché par un bouchon de liège dans lequel s'engage un siphon et un tube plongeant jusqu'au fond, amenant l'anhydride carbonique. On ajoute une quantité d'éther suffisante pour que le mélange d'amines surnage, on chasse l'air du flacon et l'on bouche. L'acide carbonique est absorbé régulièrement pendant plusieurs heures. On agite de temps en temps pour dissoudre le carbonate formé.

Quand l'absorption du gaz a cessé, on siphonne la solution de carbonate, on la filtre et on la sature exactement au tournesol par de l'acide sulfurique.

On évapore au bain-marie, jusqu'à formation de cristaux à la surface de la solution. Par refroidissement, il se forme des octaèdres brillants de sulfate neutre de dicyclohexylamine.

On peut concentrer l'eau mère plusieurs fois pour obtenir de nouvelles quantités de cristaux. Quand cette eau mère est devenue trop colorée par les produits d'oxydation d'une très petite quantité d'aniline ou de cyclohexylaniline entraînées, on l'additionne d'un excès d'acide sulfurique, il se produit presque immédiatement un abondant dépôt de bisulfate de dicyclohexylamine, sel beaucoup moins soluble que le sulfate neutre.

En décomposant ces sulfates, dissous dans un peu d'eau tiède, par la quantité correspondante de soude, on met l'amine en liberté, sous forme d'une huile qui surnage.

Par refroidissement, si la température ambiante n'est pas trop élevée, cette huile se prend en une masse cristalline, par suite de la formation d'un hydrate de dicyclohexylamine, fusible à 23°. Quand ce phénomène se produit, on lave les cristaux avec de l'eau froide et on les fond.

On sépare l'amine par décantation, on la dessèche, en la chauffant légèrement dans un ballon à distiller, tout en y faisant barboter un courant d'air, puis on distille sous pression réduite. On obtient ainsi la dicyclohexylamine pure, sous forme d'un liquide incolore, légèrement oléagineux, bouillant à 135°, sous 20^{mm}.

Le résidu de l'action de l'acide carbonique peut être, soit une solution éthérée d'aniline, soit un mélange de cyclohexylaniline et de diphénylamine avec de l'éther.

Pour séparer ces deux dernières amines, on distille au bain-marie pour récupérer l'éther, et l'on chauffe leur mélange au bain-marie, pendant 2 heures, avec 10^{vol} d'acide sulfurique à 2 pour 100; on laisse refroidir et l'on filtre.

On chauffe le résidu avec 2^{vol} d'eau et, après refroidissement et filtration, on le traite de nouveau par 2^{vol} d'acide sulfurique à 2 pour 100 et, ainsi de suite, tant que les liquides filtrés donnent la coloration orangée caractéristique de la cyclohexylaniline ([2]), par un mélange de 10 parties d'acide sulfurique avec 1 partie d'acide azotique et 9 parties d'eau. Dès que la coloration fournie par ce réactif est salie par la coloration bleue due à la diphénylamine, on cesse de recueillir les liquides filtrés.

Ceux-ci, réunis et évaporés au bain-marie, jusqu'à cristallisation à la surface, fournissent par refroidissement des masses mamelonnées de cristaux de sesquisulfate de

---

([1]) P. Sabatier et Senderens, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. 4, 1905, p. 379.

([2]) P. Sabatier et Senderens, *Ibid.*, p. 382.

cyclohexylaniline. Les eaux mères en donnent encore plusieurs fois par évaporation, jusqu'à ce qu'une dernière concentration amène le dépôt d'un peu de bisulfate de dicyclohexylamine.

Pour retirer la cyclohexylaniline de son sesquisulfate, il suffit de traiter ce sel par un excès d'ammoniaque à 22°, étendue de son volume d'eau. En chauffant légèrement l'amine se sépare sous forme de gouttelettes huileuses, qui se rassemblent au-dessus de l'eau ammoniacale, si l'on maintient les produits à une douce chaleur.

Par décantation, on recueille cette amine, on la dessèche en la chauffant légèrement, tout en y faisant barboter un courant d'air, puis on distille sous pression réduite. On obtient ainsi la cyclohexylaniline pure, sous forme d'un liquide oléagineux incolore, très réfringent, qui bout à 157°, sous 20^{mm}.

Le résidu solide du traitement par l'acide sulfurique étendu est constitué par de la diphénylamine souillée par de petites quantités de goudrons. On la purifie par distillation et cristallisation dans l'éther.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques faites aux environs de Honfleur (Calvados).* Note [1] de M. **G.-F. Dollfus**, présentée par M. H. Douvillé.

Les renseignements que nous possédons sur la géologie de Honfleur sont anciens et fort réduits. Il y a quelques mots, pas très exacts, dans les descriptions du Calvados par de Caumont et Hérault; des indications contradictoires dans d'Archiac, Lennier, et des modifications à apporter à la Carte géologique de France. La coupe des falaises vers l'Ouest est fort analogue à celle de La Hève, mais moins complète et moins accessible; cependant si l'on se dirige à l'ouest de la ville on trouve à 200^m de l'ancienne tour un lavoir ancien sur la haute plage, établi dans la glauconie de la base du Cénomanien; l'escarpement au-dessus, haut de 15^m, et dont les couches paraissent bien en place, montre une craie glauconifère à silex noirs, assez gros, à croûte grise, diffuse, renfermant *Ammonites Rotomagensis*. La craie verte argileuse du lavoir se continue sur 400^m environ et l'on voit surgir au-dessous une argile plastique noire qui a fourni autrefois *Ammonites rostratus*, c'est l'étage vraconien; la craie glauconieuse se poursuit dans la hauteur, elle est ici jaunâtre, calcaire, passablement disloquée et fissurée, les bancs plongent au Sud-Est; Morière y a signalé des affaissements locaux en 1847.

Au phare du Bas-Butin (borne $1^{km},800$ de Honfleur) l'escarpement montre

---

(1) Séance du 17 décembre 1917.

une argile grise, foncée, avec de petits lits de sable fin, jaune et gris que nous attribuons au Gault. Au delà de ce point, toujours vers l'Ouest, la série crétacée est masquée par un massif limoneux très important, formant falaise, haut de 8^m à 10^m; ce limon, faiblement altéré au sommet, est composé de plusieurs lits d'un brun jaunâtre clair séparés par des niveaux caillouteux de silex brisés et émoussés. C'est le lœss des vallons de la Seine Inférieure et de l'Eure, les coquilles terrestres sont nombreuses : *Pupa muscorum*, *Hyalina nitens*. La disposition des couches montre que le dépôt plonge sous la ligne du rivage, au-dessous de la mer; c'est cependant un dépôt terrestre en liaison avec le diluvium des vallées et nous avons ici une preuve nouvelle de l'affaissement général du pays depuis le pléistocène; l'analogie est complète avec le dépôt limoneux typique de Saint-Pierre-d'Elbeuf décrit par MM. Chédeville et Germain, et avec les amas limoneux exploités dans les briqueteries de la Seine-Inférieure que j'ai indiquées sur la feuille de Rouen. J'ai admis que ces limons, spécialement épais au débouché des vallées secondaires dans les vallées principales, s'étaient précipités à la faveur d'un changement de vitesse lors de la réunion des eaux; la topographie au Bas-Butin n'indique plus aucune des conditions requises, aucune vallée n'est voisine et la topographie de l'embouchure de la Seine devait être à ce moment fort différente de celle qu'elle présente aujourd'hui.

Au-dessous de Vasouy, la falaise est formée par de grands éboulis de craie dans lesquels j'ai recueilli *Am. Mantelli*, puis au-delà réapparaît un affleurement d'argile à silex du Cénomanien, enfin on découvre à l'Ouest des sables gris et ferrugineux, grossiers, assez épais, avec grès, dans lesquels j'ai trouvé *Rhynchonella sulcata* Park., espèce du Gault; c'est un niveau d'eau important.

C'est dans une couche argileuse, subordonnée, que de Chancourtois a découvert sur la route de Honfleur à Trouville l'*Ostrea aquila*, au même niveau qu'au Havre et qu'on peut rapporter à l'Aptien.

En continuant vers l'Ouest, la falaise s'abaisse, on arrive aux marécages de Penne-de-Pie et aucune observation n'est plus possible, on ne voit pas les sables blancs et les argiles bariolées qui tiennent la place du Néocomien à La Hève; c'est seulement en arrivant à la Poterie, sous Criquebeuf (7^{km} de Honfleur), que l'argile du Kiméridgien apparaît sur la plage, disparaissant de même, mais vers l'Est, sous les fonds tourbeux de Penne-de-Pie.

Ainsi la partie supérieure du Kiméridgien désignée sous le nom *d'argile de Honfleur* n'est pas visible à Honfleur, et il n'y a aucune raison de la faire

figurer sur la carte; Lennier a pensé qu'elle y était masquée par des éboulis, d'Archiac l'y a cherchée en vain, et nous n'avons pu retrouver aucun témoignage certain de son affleurement, Hérault l'a peut-être confondue avec l'argile du Gault; cependant elle existe certainement à proximité en mer, et un forage exécuté à l'est de la jetée a donné à M. Arnoux : sables d'alluvions 12^{m}, argile kiméridgienne avec calcaire dur noduleux intercalé 30^{m}, sables de Glos, jaunes brunâtres, coquilliers, peu puissants; enfin argile grise, ferme, attribuée à l'argile de Dives. L'argile de Honfleur a été indiquée dans des coups de sonde au banc d'Amfard et à celui de Rattier dans la direction du Havre.

Au bord de la grande route à Penne-de-Pie, à 4^{km},800 de Honfleur, on voit affleurer, à 25^{m} d'altitude, une argile glauconifère semblable à celle du lavoir de la plage; on peut en déduire une pente générale des couches de 5^{mm} par mètre vers l'Est, Sud-Est.

D'autre part, si l'on monte à la chapelle de la Côte de Grâce, un peu avant d'arriver à la table d'horizon, qui est à l'altitude de 89^{m}, on observe dans la tranchée de la route un changement marqué dans la nature de la craie : elle y est marneuse, jaune, tendre, presque sans silex ni fossiles, et elle offre tous les caractères du Turonien; comme vers 75^{m} d'altitude nous avons encore recueilli *Am. (Puzosia) subplanulata*, espèce du Cénomanien, nous pensons que l'épaisseur de la craie cénomanienne peut être évaluée à Honfleur de 80^{m} à 85^{m}. Le plateau de la côte, à 100^{m} d'altitude, montre une argile à silex puissante, dont les éléments supérieurs appartiennent certainement au Sénonien; ce sont de gros blocs, non transportés, massifs, d'un silex jaunâtre, cireux, avec une croûte blanchâtre de nature caractéristique. Je n'ai rien vu d'attribuable au Tertiaire.

Si l'on voulait appliquer ces renseignements à un projet de tunnel sous l'estuaire de la Seine, du Havre à Honfleur, projet dont la presse s'est occupée à plusieurs reprises, on pourrait rappeler que le sous-sol est formé de trois masses minérales qui sont, en partant de la plus ancienne : 1° l'argile kiméridgienne; 2° les sables et argiles du Crétacé inférieur; 3° la craie glauconieuse. Toutes ces couches sont régulièrement inclinées au Sud-Est; si l'on réfléchit que la sûreté d'exécution d'un long tunnel commande de se maintenir dans une même masse minérale et que les sables et argiles aquifères du Crétacé offriraient des difficultés très coûteuses d'exécution, presque impossibles à surmonter, on reconnaît qu'il n'y a d'utilisable que l'argile jurassique ou la craie, mais que, pour passer à 40^{m} au moins au-dessous de la Seine, il faudrait pour demeurer dans la craie

faire un immense détour, au moins jusqu'à Tancarville, et qu'on perdrait beaucoup de terrain pour établir les voies d'accès, en sorte qu'il convient surtout d'examiner le passage à travers l'argile kiméridgienne; mais il faudrait s'y enfoncer à Criquebœuf et non à Honfleur, pour ressortir à Ingouville et ce tracé ne permettrait pas de rampes d'accès, mais conduirait à des ascenseurs aux deux extrémités, ce qui réduirait sensiblement le rendement utile; tous les détails ne pourraient d'ailleurs être précisés avant l'établissement préalable de forages littoraux multiples.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les variations diurnes du vent en altitude.* Note [1] de MM. **L. Dunoyer** et **G. Reboul.**

Les résultats d'assez nombreux sondages aérologiques nous ont permis de fixer le sens des variations diurnes du vent en altitude et d'en préciser l'ordre de grandeur; ces variations peuvent, la nuit, avoir une assez grande importance au point de vue pratique et ont parfois occasionné des accidents.

I. Les faits que des sondages quotidiens mettent rapidement en évidence sont les suivants :

L'intensité du vent, pendant la nuit, présente aux altitudes de 200^{m} *à* 1000^{m} *un maximum d'intensité très net.*

Ces variations du vent en altitude, comme d'ailleurs celles du vent au sol, sont assez souvent masquées par des perturbations plus importantes, apportées au mouvement des couches atmosphériques par le déplacement de cyclones ou d'anticyclones. Elles sont surtout nettes par une journée de beau temps avec vent d'Est, faible ou modéré. Exemple :

---

(1) Séance du 19 novembre 1917.

SONDAGES DU 9 ET DU 10 SEPTEMBRE 1916.

Heure.	Altitude en mètres. 100.	200.	300.	400.	500.	600.	700.	800.	900.	1000.	1500.	2500.
						9 septembre 1916.						
5.30m	ENE	ENE	ENE	E	E	E	E	E	»	»	»	»
	8	12	14	14	14	12	12	8	(1)	»	»	»
9.30	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	E	E	E	E
	6	8	8	10	10	8	8	10	10	10	14	14
11.0	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	E	E
	6	8	8	9	10	8	9	10	10	10	14	14
15.0	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ESE	ENE
	6	10	12	12	10	10	10	10	10	8	8	14
18.30	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	E	ESE	ESE
	10	10	10	15	15	18	18	18	18	15	8	12
20.30	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	ESE	ESE
	10	10	16	20	22	22	22	20	16	16	10	12
						10 septembre 1916.						
22h.0m	E	E	E	E	E	E	E	E	ESE	ESE	E	ESE
	6	12	18	18	20	22	16	16	10	10	10	10
0.0	E	E	E	E	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	E	E
	6	10	12	12	12	10	10	10	10	8	8	8
2.0	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ENE	ENE
	6	10	10	8	8	6	6	6	6	6	8	10
4.30	E	E	E	E	E	E	E	E	ENE	ENE	ENE	ENE
	6	8	8	8	6	6	6	6	6	6	8	8
8.30	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE
	4	6	6	4	6	4	8	8	8	8	8	6
11.0	NE	E	E	E	E	SE	SE	ENE	ENE	ENE	ENE	NE
	1	2	2	2	2	3	2	3	5	7	6	4
16.40	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	NW
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19.15	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NNW	NNW
	4	4	6	6	6	6	7	7	7	7	4	5

On voit que dans la journée du 9 septembre la vitesse du vent ne dépasse pas 10^m, alors que dans la nuit du 9 au 10 elle atteint 22^m aux altitudes de 400^m à 800^m; ce maximum semble avoir lieu vers 21^h.

(1) Vitesse en mètres par seconde.

Le phénomène, qui est surtout net par vent d'Est, se produit également par régime de vent d'Ouest. Exemple :

Sondages du 15 et du 16 septembre 1916.

	Altitude en mètres.											
Heure.	100.	200.	300.	400.	500.	600.	700.	800.	900.	1000.	1500.	2000.
						15 septembre 1916.						
6h 0m	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	»
	4	4	4	6	6	4	4	4	4	4	4	»
8.45	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	N	N	N	N	»
	2	2	4	4	4	4	4	4	6	6	6	»
9.10	NW	NW	NW	NW	NW	NW	N	N	N	N	N	»
	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	6	»
11. 0	NE	NE	NE	N	N	N	N	N	N	N	N	»
	1	1	2	3	3	4	4	5	5	4	4	»
15.10	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
	3	4	6	6	8	8	6	6	6	6	6	6
19. 0	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
	8	8	12	12	12	12	10	10	12	12	10	4
						16 septembre 1916.						
5. 0	SW	SW	SW	SW	SW	SW	NW	NW	NW	NW	NW	»
	3	6	9	11	12	11	10	8	8	9	11	»

Aux altitudes de 200m à 1000m, il y a encore maximum de la vitesse dans le courant de la nuit.

Toutefois le régime de vent Ouest étant souvent lié dans nos régions à la présence d'une dépression, les variations diurnes de la vitesse du vent en altitude sont assez souvent masquées dans ce cas par les perturbations atmosphériques qu'amène l'approche de cyclones.

Le Tableau suivant résume, en les classant d'après le régime de vent, les sondages nocturnes effectués dans le courant d'une année : les cas dits *favorables* sont ceux pour lesquels se manifeste l'existence d'un maximum de vitesse aux altitudes de 200m à 800m, les autres étant appelés *défavorables*.

	Régime du vent						
	N.	NE.	E.	S.	SW.	W.	NW
Cas favorables	13	24	14	5	26	16	12
Cas défavorables	5	5	1	7	14	10	8
Pourcentage des cas favorables	72	83	93	42	65	60	60

On voit que le pourcentage des cas favorables est beaucoup plus grand par vent d'Est que par vent d'Ouest.

II. Dans les exemples précédents, le maximum nocturne de la vitesse se produit dans la première partie de la nuit, mais il peut arriver que ce maximum se manifeste à la fin de la nuit et persiste aux premières heures du jour. Exemple :

SONDAGES DU 9 ET 10 AOUT 1916.

Heure.	Altitude en mètres. 100.	200.	300.	400.	500.	600.	700.	800.	900.	1000.	1500.	2000.
						9 août 1916.						
14h30m	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	»
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	»
20.0	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SW	SW	SW	SW	»
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	»
						10 août 1916.						
4.0	W	W	W	W	W	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW
	2	8	11	14	14	14	6	7	6	6	2	2
5.0	W	W	W	W	W	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW
	8	8	14	14	12	7	7	3	3	3	3	3
10.0	SW	SW	SW	SW	SW	»	»	»	»	»	»	»
	5	5	5	5	5	»	»	»	»	»	»	»
11.0	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	»
	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	6	»

Sur 160 exemples de sondages nocturnes, répartis sur une année d'observations, 110 présentent le maximum dans la première partie de la nuit.

BACTÉRIOLOGIE. — *Variété érythrogène du bacille pyocyanique.* Note de M. C. GESSARD, présentée par M. E. ROUX.

J'ai montré autrefois que le bacille pyocyanique produit, en plus de la pyocyanine et du vert fluorescent, un troisième pigment, « pigment jaune verdâtre qui passe au rouge avec le temps » ; j'ai indiqué un milieu pour obtenir ce pigment, à l'exclusion des deux autres, avec le bacille pyocyanique ordinaire, mais ce n'était qu'en petite quantité [1]. Un germe m'est

---

[1] *Nouvelles recherches sur le microbe pyocyanique* (*Ann. Inst. Pasteur*, t. 4, 1890, p. 88; par. IV, p. 97).

venu entre les mains, chez qui prédominait, au grand avantage de mes recherches, la fonction chromogène qui correspond au pigment en question : je l'ai dû à l'obligeance de Mlle A. Raphaël, qui l'avait isolé d'une plaie et justement identifié sur la production de pyocyanine en milieu approprié.

Ce germe, quand il me fut remis, faisait de la pyocyanine et de la fluorescence verte dans le bouillon ; il n'y fait plus aujourd'hui que de la fluorescence, sans que le temps y apporte d'autre modification que la teinte feuille morte bien connue des cultures fluorescentes âgées. Transporté du bouillon dans une solution de peptone (peptone pancréatique à 2 pour 100), il donne lieu aux constatations suivantes. C'est d'abord une coloration jaunâtre, de jaune terne à jaune verdâtre, uniformément répartie; puis, au bout d'un temps qui varie avec les conditions d'aération du milieu, une zone rouge est manifeste à la surface, au lieu du bleu vert qui s'y voit avec un germe ordinaire; le rouge s'étend finalement à toute la masse liquide. Toutefois, pour une certaine hauteur de cette dernière, la couche profonde, purgée d'air par la pullulation microbienne aérobie, conserve la couleur jaune initiale du pigment au minimum d'oxydation et le rouge n'y apparaît que par l'agitation et la rentrée de l'air : dans les mêmes conditions, le bleu de la pyocyanine présente, comme on sait, un phénomène analogue. Sur pomme de terre glycérinée et sur blanc d'œuf coagulé, on peut observer cette même succession de jaune et de rouge, sans mélange de pyocyanine. Mais c'est la peptone susdite, moyennant addition d'un dixième de glycérine et solidification par la gélose en tube incliné, qui assure dans le moindre temps l'évolution complète du pigment pour aboutir, au terme de juxtapositions partielles de jaune et de rouge en rapport avec les vicissitudes de l'aération, à une coloration uniforme de toute la gélose en un beau rouge vif, de nuance variable de vin ou de groseille. Rien ne rappelle donc l'aspect accoutumé des cultures pyocyaniques, sur cette gélose-peptone glycérinée, le réactif que j'ai cependant préconisé pour la production de pyocyanine par le bacille, quand tous les autres milieux y sont réfractaires; mais il suffit d'une macération, de peu de durée, de la masse rougie dans le chloroforme, pour permettre d'authentiquer l'espèce en décelant du bleu pyocyanique d'existence constante, mais en minime quantité dans cette conjoncture et dissimulé par suite sous l'autre pigment en excès. Ainsi, pas de pyocyanine ou des traces seulement dans les milieux où ce pigment se montre d'abord et abondamment avec le bacille ordinaire, substitution dans ces mêmes milieux et prédominance du pigment qui jusqu'ici n'y figurait

qu'accessoirement, nulle réaction distinctive en bouillon, telles sont les propriétés caractéristiques du nouveau germe : à vrai dire, après un certain nombre de passages par divers milieux artificiels.

Par rapport à cette peptone, qu'on dirait à bon droit le milieu spécifique du bacille pyocyanique, à l'occasion d'un germe qui déjà y faisait défaut aux réactions habituelles, j'ai distingué naguère la variété dite mélanogène ([1]), d'après la coloration qu'elle y fait apparaître. Du nouveau germe aussi doit procéder une variété nouvelle, que j'appellerai *érythrogène*. En sorte que trois variétés du bacille pyocyanique sont désormais à considérer, d'après les couleurs des cultures en eau peptonée : la variété pyocyanogène, type de l'espèce, avec le bleu de la pyocyanine, la variété mélanogène avec le noir de la mélanine, la variété érythrogène avec le pigment rouge dont l'étude reste tout entière à faire. D'autre part, ces variétés se subdivisent en races, d'après les couleurs des cultures en bouillon ([2]), races dont j'ai décrit quatre types que j'ai reconnus identiques dans les variétés pyocyanogène ([3]) et mélanogène ([4]). Quant à l'érythrogène, j'ai vu, comme j'ai dit plus haut, déjà pour l'unique échantillon en ma possession, que primitivement de race A, qui donne pyocyanine et fluorescence verte dans le bouillon, il a dégénéré, au cours des réensemencements successifs, en race F, qui n'y produit que de la fluorescence ([5]).

Ces faits sont en faveur de l'emploi séparé du bouillon et de la peptone pour les cultures microbiennes. C'est en tout cas une technique qui s'impose pour les cultures pyocyaniques. Aussi bien le mélange si usité des deux milieux, appliqué ici, ne confond pas seulement leurs réactions colorées respectives; mais souvent encore les réactions propres de la peptone, où le diagnostic bactérien est directement intéressé, y sont totalement annihilées, au profit des réactions banales et équivoques qui appartiennent au bouillon. Sans doute d'autres produits microbiens que les pigments prêteraient à des considérations et à des sanctions pratiques analogues.

([1]) *Variété mélanogène du bacille pyocyanique* (*Ann. Inst. Pasteur*, t. 15, 1901, p. 817).

([2]) Simple décoction, d'une demi-heure, de viande de bœuf ou de veau, pour un rendement de poids double, de bouillon qui est neutralisé, sans plus.

([3]) *Des races du bacille pyocyanique* (*Ann. Inst. Pasteur*, t. 5, 1891, p. 65).

([4]) *Mémoire cité*, p. 826.

([5]) Tous les résultats rapportés dans cette Note supposent une température de 36°-38°.

THÉRAPEUTIQUE. — *Une nouvelle méthode de chimiothérapie générale : l'oxydothérapie.* Note [1] de M. Belin, présentée par M. Leclainche.

Dans une série de Notes communiquées antérieurement à l'Académie des Sciences, j'ai montré qu'il est possible, expérimentalement, d'influencer très favorablement l'évolution de certaines maladies infectieuses par les injections des substances oxydantes [2].

J'ai repris ces expériences au cours de la campagne, en cherchant à traiter de cette façon différentes maladies infectieuses du cheval. La substance oxydante employée a été le permanganate de potassium, en solutions à différents titres, injectées par les voies sous-cutanée, intramusculaire ou surtout intraveineuse. Ce procédé de traitement a été employé à l'exclusion de tout autre.

Voici, très brièvement résumés, les résultats obtenus :

Tétanos. — 1° Contractures cervicales, dorso-lombaires et trismus accusés. Solution de MnO^4K à $\frac{1}{250}$ injectées dans la jugulaire, 5^{cm^3} à 8^{cm^3} chaque jour : disparition temporaire des contractures. Mort le quatrième jour.

2° Mêmes contractures, trismus un peu moins accusé. Injections intraveineuses de solutions de MnO^4K à $\frac{3}{1000}$ à raison de 12^{cm^3} le premier jour, 20^{cm^3} le deuxième, 20^{cm^3} le troisième. Mort accidentelle le quatrième jour.

3° Forme aiguë paraissant devoir entraîner la mort rapidement. Traitée par des solutions de MnO^4K : 10^{cm^3} le premier jour, 20^{cm^3} le deuxième, 30^{cm^3} le troisième, 40^{cm^3} le quatrième, 50^{cm^3} les cinquième et sixième jours. Bien que l'animal soit placé dans les plus mauvaises conditions hygiéniques, dès le troisième jour du traitement les contractures commencent à s'atténuer notablement; guérison complète en trois semaines [3].

4° Forme suraiguë, mort en trois jours. Le persel, employé comme dans le cas précédent, a eu une action nette le premier jour, mais il a été inactif dans la suite; ce résultat est d'ailleurs conforme à ce qui a été constaté expérimentalement.

5° Tétanos localisé au membre antérieur droit. Injection dans la masse des muscles anconés de 50^{cm^3} d'une solution de MnO^4K à $\frac{1}{150}$: formation d'un abcès de fixation, guérison en 12 jours [4].

Gourme. — Affection ancienne se traduisant par une hyperthermie peu accusée, un jetage abondant, une toux quinteuse, disparition de ces troubles en 6 jours après injection quotidienne de 6^{cm^3} de MnO^4K en solution à $\frac{1}{150}$, voie veineuse.

---

(1) Séance du 17 décembre 1917.

(2) M. Belin, *Action des substances oxydantes sur les toxines* in vivo (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1260 et 1848, et t. 158, 1914, p. 966).

(3) M. Belin, *Société Centrale de Médecine vétérinaire*, 21 juin 1917.

(4) M. Belin, *Ibid.*, 30 juillet 1916.

Typho-anémie. — Forme grave, traitée par des injections intraveineuses des solutions de MnO^4K à $\frac{1}{125}$ à raison de 10^{cm^3} chaque jour pendant 7 jours : état général meilleur dès le deuxième jour du traitement, abaissement régulier de la courbe thermique. Une injection sous-cutanée de 40^{cm^3} d'une solution à $\frac{1}{50}$ faite le quatorzième jour détermine la formation d'un volumineux œdème ; une ponction a permis d'évacuer dans la suite un liquide abondant, légèrement louche, sans élément purulent : action très favorable sur l'évolution de l'affection.

Fièvre typhoïde. — L'action des solutions de MnO^4K à $\frac{1}{250}$ injectées dans la jugulaire à raison de 20^{cm^3} chaque jour pendant 4 jours, et de 10^{cm^3} pendant les trois jours suivants, s'est traduite par un abaissement rapide de la courbe thermique, ainsi que des courbes se rapportant aux respirations et aux pulsations et par une amélioration presque immédiate de l'état général.

M. le professeur Mohlant, de l'Université de Louvain, a bien voulu me faire savoir qu'il a traité récemment par cette méthode 25 chevaux : il a obtenu la guérison de tous ses malades.

Rhumatisme aigu. — 1° MnO^4K $\frac{1}{50}$, injections sous-cutanées de 10^{cm^3} à gauche et à droite du poitrail : même action locale que dans le cas de typho-anémie ; amélioration dès le lendemain du traitement, guérison en 8 jours.

2° Chez deux autres malades, 10^{cm^3} d'une même solution sont injectés sous la peau de l'encolure, en quatre points, à raison de $2^{cm^3},5$ à chaque point d'injection : guérison en 5 et 9 jours.

Angine. — Guérison obtenue chez trois sujets récemment atteints à l'aide d'injections faites en quatre points autour de la gorge à raison de $0^{cm^3},5$ ou 1^{cm^3} de solution à $\frac{1}{50}$ à chaque point d'injection.

Ces résultats cliniques sont donc en tous points conformes aux résultats expérimentaux que j'ai fait connaître : action également favorable sur l'évolution de maladies infectieuses de types divers : action d'autant plus nette que cette méthode est employée plus tôt.

La diversité des substances chimiques employées : chlorate, permanganate, terpène ozoné, semble prouver que le seul élément agissant est l'oxygène. Tout concourt à faire admettre que son action s'exerce sur les toxines comme je l'indiquais dans la conclusion de mes expériences. Contrairement à ce que pensent quelques auteurs ([1]), certaines toxines microbiennes, sinon toutes, sont oxydables *in vivo*.

Il paraît désormais aussi rationnel d'admettre l'oxydation normale par les organismes de toxines microbiennes que l'oxydation des bases toxiques qui s'accumulent dans les tissus quand les oxydations sont enrayées ou

---

([1]) H. Dorlencourt, *Thèse de Paris*, 1912, p. 86.

deviennent insuffisantes. Il est donc logique d'aider les malades à lutter contre les maladies infectieuses en leur fournissant des substances oxydantes qui augmenteront considérablement ces oxydations, suivant un mécanisme qu'il conviendra de préciser. Les résultats expérimentaux et cliniques que j'ai relatés s'expliquent vraisemblablement par ce fait que, les toxines étant rendues inactives, l'organisme parvient à se débarrasser avec beaucoup plus de facilité des agents microbiens. *La thérapeutique antitoxique basée sur l'oxydation apparaît donc aussi indispensable que la thérapeutique antimicrobienne faisant intervenir la phagocytose;* l'une et l'autre pouvant vraisemblablement se compléter très heureusement.

Les *agents thérapeutiques* qui peuvent être employés paraissent assez nombreux : le *permanganate de potassium*, qui agit par son oxygène et, peut-être aussi, par son manganèse comme auto-oxydateur; Mélamet [1] l'a utilisé de façon encourageante, en injections intramusculaires, dans le traitement de la gonococcie. Le *chlorate de sodium* pourrait être utilisé avantageusement [2]. Le *persulfate de sodium* a donné de bons résultats entre les mains de L. Bérard et A. Lumière. *L'ozone* peut être employé.

Les *métaux colloïdaux* agissent très vraisemblablement par oxydation. Le *pinène* est un auto-oxydateur qui peut expliquer l'action de l'essence de térébenthine employée pour produire les abcès de fixation.

Ces substances thérapeutiques n'agissent vraisemblablement que par leurs propriétés oxydantes; elles constitueraient des agents *oxythérapiques* d'autant plus actifs qu'ils seraient employés plus tôt, avant la fixation des toxines sur les centres nerveux, comme cela ressort nettement des expériences que j'ai relatées.

Je propose de donner à cette nouvelle méthode de chimiothérapie générale antitoxique le nom d'*oxydothérapie*.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

---

(1) L. Bérard et A. Lumière, *Lyon chirurgical*, n° 4, octobre 1915, p. 404-425.

(2) M. Belin, *Société de Pathologie comparée*, décembre 1915.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 DÉCEMBRE 1917.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de **M. J.-L. Renaut**, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *L'éruption du volcan de Quetzaltepeque et le tremblement de terre destructeur de San Salvador* (*juin-juillet* 1917). Note de **M. A. Lacroix**.

Au début de juin, des télégrammes provenant de l'Amérique centrale ont annoncé la destruction de la ville de San Salvador par un tremblement de terre et par une éruption volcanique. Le tremblement de terre n'était pas pour surprendre, le Salvador est une terre classique d'instabilité séismique; treize fois (¹) déjà la capitale de la petite république a été complètement détruite par des tremblements de terre, mais l'information concernant une éruption volcanique paraissait suspecte. San Salvador se trouve bien, en effet, à quelques kilomètres d'un volcan, mais la seule éruption connue de celui-ci date de plus de 260 ans, et depuis lors il semblait être en sommeil.

J'ai réuni quelques documents qui permettent d'élucider le problème. Au cours de l'été, M. Lallemand m'a communiqué une lettre d'un ingénieur salvadorien, M. Luis Matamoros, témoin d'une partie des événements;

(¹) 1538 (ou 1539), 1576, 1593 (ou 1594), 1656, 1659, 1707, 1719, 1798, 1806, 1815, 1839, 1854, 1873.

cette lettre laissant dans l'ombre quelques points importants, notre confrère a bien voulu transmettre à son correspondant un questionnaire et aussi une demande d'échantillons de roches. Au moment où sa réponse nous parvient, je puis la compléter grâce à des renseignements et des photographies que m'a obligeamment communiqués M. Pedro Jaime Matheu, Consul général de Salvador en France.

Quelques mots tout d'abord sur la région de San Salvador : elle est entièrement volcanique. A. Dollfus et de Mont Serrat ont donné [1] sur elle quelques détails, complétés plus tard par M. F. de Montessus de Ballore [2]; plus récemment, M. Karl Sapper a fourni un supplément d'information [3] résultant en partie d'une exploration faite en 1888 par une Commission scientifique salvadorienne composée de MM. Sanchez, Barbarena, J. Puente et Figeac.

Le massif de San Salvador est formé par deux montagnes; le volcan de San Salvador est un pic aigu dont la silhouette rappelle celle du Puy de Dôme et de la Soufrière de la Guadeloupe (dôme andésitique?); le volcan de Boqueron ou de Quetzaltepeque, qui lui est accolé du côté du Sud-Ouest, a une forme arrondie; son sommet est creusé d'un cratère elliptique d'une profondeur d'environ 400^m [4]. Au fond de ce cratère, et comme dans un puits de verdure aux parois presque verticales couvertes d'énormes pins (*Pinus tenuifolia*), apparaît ou plutôt apparaissait avant l'éruption, un lac aux eaux vertes. Sur le flanc méridional de la montagne se remarque, au-dessus de Santa Tecla, le petit cratère adventif de la Joya qui semble avoir été le siège de quelques fumerolles en 1876. Sur le flanc nord, le long d'une ligne joignant le cratère à la ville de Quetzaltepeque, quatre autres petits cratères, les Boqueroncitos, sont étagés les uns au-dessus des autres, diminuant de diamètre de haut en bas.

A la base du volcan [5] se dressent trois cônes de cendre; l'un, ayant 100^m de hauteur, à 2^{km} nord de Nejapa (5^{km} ouest de Quetzaltepeque) aurait été, en 1806, d'après Dollfus et de Mont Serrat, le siège d'une petite éruption sur laquelle aucun détail n'a été fourni. Les deux autres, El Realenco et El Playon, ont environ 140^m de hauteur : c'est du dernier qu'est partie, le 30 septembre 1659, une grande

---

[1] *Voyages géologiques dans les républiques du Guatemala et du Salvador*. Paris, 1868, p. 374.

[2] Tremblements de terre et éruptions volcaniques au Centre-Amérique, depuis la conquête espagnole jusqu'à nos jours, publié par la *Société d'Histoire naturelle de Saône-et-Loire*. Dijon, 1888, p. 97.

[3] Die mittelamerikanischen Vulkane. *Petermann's Mitteil.* Ergänzungsheft, n° 178, 1913, p. 47.

[4] D'après la Commission salvadorienne, le diamètre du cratère à son orifice est d'environ $1^{km},5$; le bord le plus élevé a une altitude de 1787^m ; il domine de 377^m le niveau du lac, qui mesure $400^m \times 450^m$.

[5] Pour être complet, il faudrait citer encore, au pied nord-ouest du Boqueron, la maare de Chanmico occupée par un lac et, au sud-sud-est, celle de la lagune de Cuscatlan, entre Santa Tecla et San Salvador.

coulée de lave mesurant $5^{km} \times 2^{km}$, qui a barré la rivière de Nejapa et détruit la ville indienne du même nom. Le cratère de Boqueron émit alors une grande quantité de cendres qui ont été emportées par le vent à plus de 200^{km} au Nord-Est, jusqu'à Comayagua dans le Honduras. C'est à ces données que se résument les informations précises sur l'histoire passée du volcan.

Arrivons aux événements de 1917. Le 3 juin, les professeurs et les élèves de l'Institut salvadorien avaient fait une excursion au Boqueron sans y remarquer rien d'anormal. Le 7 juin, après une belle journée terminée par quelques gouttes de pluie, à $18^h 25^m$ une forte secousse de tremblement de terre se fit sentir au pied du volcan; elle fut bientôt suivie par d'autres, se succédant avec une intensité bientôt croissante. L'une d'elles, particulièrement violente et désastreuse, se produisit à 21^h; une violente détonation se fit entendre alors venant du volcan et, de San Rafael (demeure de M. Matamoros), situé à 10^{km} au sud du Boqueron, on vit s'élever derrière la montagne une colonne embrasée qui s'inclina vers le Nord. De la Presa, située au nord du volcan, on aperçut un point brillant, puis bientôt une vaste surface incandescente; une coulée de lave commençait à sortir du flanc nord du Boqueron à une altitude d'environ 1300^m. Le phénomène a été observé de près, dès le lendemain, par MM. Georges et Henri Lardé de l'Observatoire national du Salvador, dont le récit m'a été communiqué par M. Matheu. Ils parvinrent aux bouches nouvelles après avoir traversé une région bouleversée par des éboulements et crevassée. Trois petits cratères s'étaient tout d'abord ouverts sur les côteaux d'El Pino, puis d'autres sur les collines Chintos et enfin du côté d'El Tronador, où les projections incandescentes et les dégagements de gaz suffocants furent particulièrement intenses; c'est de ce dernier point que s'est écoulée la lave dont le courant, s'élargissant jusqu'à El Playon, s'est étalé ensuite entre Quezaltepeque, Sitio del Niño et Chanino, brûlant tout sur son passage et allant s'étendre jusqu'à Sitio grande et Matazano. De violentes secousses du sol et de sourds grondements ont accompagné l'épanchement incandescent.

Le 9 juin, à 3^h, une haute colonne de vapeur blanche s'éleva du Boqueron : dans l'après-midi, elle prit une couleur plus foncée. Quelques jours plus tard, plusieurs personnes se risquèrent au cratère d'où s'élevait de temps en temps un panache blanc. Le lac paraissait en ébullition; il s'en dégageait des bouffées de vapeur; la description qui m'en a été donnée et une photographie que j'ai pu voir m'ont rappelé certains des

phénomènes dont j'ai été le témoin en 1903, sur les bords du cratère de Saint-Vincent, la topographie de ce dernier est assez semblable à celle qui a été décrite plus haut. Pendant toute cette période, la montagne était fréquemment couverte de nuages orageux sillonnés d'éclairs.

Il y eut un peu de répit dans cette activité explosive vers le 15 juin, puis le 4 juillet, alors que des bouches nouvelles ne s'élevaient plus que des fumerolles, des explosions extrêmement violentes se sont produites au cratère central. Quand l'ascension de la montagne fut possible, on constata que le lac avait disparu (1), la végétation forestière était anéantie, le fond du Boqueron était rempli de fragments rocheux au milieu desquels s'édifiait un petit cône de débris; il en partait des explosions soulevant des blocs qui atteignaient ou dépassaient les bords du cratère pour retomber ensuite dans la cavité, alors que des cendres fines étaient entraînées au loin par le vent. Dans cette période d'activité décroissante, les explosions avaient lieu toutes les 5 ou 6 minutes, leur intensité était variable, les détonations accompagnant les plus importantes étaient entendues de San Salvador; entre chaque explosion, le cratère devenait clair et il était facile d'en distinguer tous les détails.

L'unique échantillon de lave que j'ai examiné a été recueilli dans la coulée : il possède un aspect basaltique (2); sa surface est lisse et mamelonnée, sa cassure bulleuse. Au moment de son émission, cette lave devait être très fluide, aussi me semble-t-il que les projections incandescentes signalées par les observateurs aux bouches nouvelles ont dû revêtir le caractère strombolien; l'examen des cendres émises par elles serait intéressant à faire comme contrôle de cette opinion. D'abondantes sublimations salines ont couvert la coulée; elles ont été rapidement enlevées par la pluie; l'examen chimique des eaux de lessivage de la lave étudiée montre que ces sublimations étaient constituées en grande partie par du chlorure (salmiac) et du sulfate d'ammonium, associés à un peu de chlorure de sodium.

Les cendres du Boqueron (recueillies à 10^{km} du cratère) sont sableuses

---

(1) De vieilles relations espagnoles citées par Palacio font penser que tel était en 1576 l'état du cratère du Boqueron, qui semble avoir été modifié aussi par l'éruption de 1659. La formation du lac est donc postérieure à cette date, et il est vraisemblable qu'il sera rapidement reconstitué si l'activité éruptive ne continue pas.

(2) Je réserve pour une Note ultérieure l'étude de cette lave qui semble être une *andésite augitique* plutôt qu'un basalte. Le seul échantillon que je possède est trop vitreux pour que l'examen microscopique seul puisse permettre de résoudre la question.

et formées par de petits fragments anguleux (¹) de lave, plus cristalline que celle de la surface de la coulée; leur forme permet d'affirmer qu'ils ont été lancés par des explosions brisantes de nature vulcanienne et cette interprétation est corroborée par l'examen des photographies d'explosions prises des bords du cratère. Ces photographies représentent des nuées à circonvolutions nettes offrant un aspect presque solide au départ, s'éclaircissant rapidement à mesure qu'elles se dilataient en s'appauvrissant en matériaux solides.

Les données qui viennent d'être exposées permettent de caractériser nettement l'éruption; celle-ci a débuté par de violentes secousses séismiques dont le maximum a coïncidé avec la production d'une déchirure du sol qui a permis la sortie de matériaux gazeux, puis d'une grande quantité de matière fondue. La fissure s'est ouverte sur le flanc nord du volcan du Boqueron, dans la même direction radiale que celle de la dernière éruption du volcan en 1659 (mais l'épanchement s'est produit d'un point situé à une altitude plus élevée). C'est là le mécanisme des éruptions de l'Etna. Une fois terminés les phénomènes stromboliens des bouches nouvelles et aussi l'épanchement de la lave, c'est-à-dire une fois la fissure obturée, l'activité s'est localisée dans le cratère central, où elle a pris une forme vulcanienne. Nous retrouvons là l'ordre de succession qui a caractérisé l'éruption du Vésuve en 1906 (²).

Au point de vue humain, le phénomène destructeur a été le tremblement de terre; la ville de San Salvador a été presque entièrement ruinée; la plupart des maisons privées ont été détruites, ainsi que certains des monuments publics; comme cela arrive toujours en pareille circonstance, une partie des dommages a été due à des incendies consécutifs à l'écroulement des maisons. Il est bon de noter que, de même qu'à San Francisco, à Kingstown, etc., lors des dernières catastrophes séismiques dont ces

---

(¹) L'examen de la forme et du degré de cristallinité des débris de lave constituant les cendres des éruptions que j'ai suivies (Martinique, Saint-Vincent, Vésuve, Etna, Stromboli) ou dont je connais le mécanisme (Réunion, Vulcano, etc.), me fait penser que ce genre de matériaux volcaniques peut fournir de précieuses indications sur la modalité des phénomènes qui les ont produits. Il est bon de ne les étudier qu'après les avoir débarrassés par tamisage ou lévigation des portions les plus fines.

(²) Il faut aussi signaler la production de pluies boueuses dans la période explosive (notamment à Santa Tecla, dans la nuit du 7 au 8 juin) et aussi de torrents boueux, plus ou moins chauds, phénomène secondaire fréquent dans les régions tropicales au cours des éruptions donnant d'abondantes émissions de cendres.

villes ont été les victimes, les constructions en ciment armé ont bien résisté. Des ravages analogues se sont produits dans les villes et villages voisins (Santa Tecla, Quezaltepeque, Armenia, etc.) dans un rayon d'environ 25^{km}. Des pertes de vies humaines ont été à déplorer, les pertes matérielles ont atteint au moins une soixantaine de millions.

L'action propre à l'éruption a été limitée à la destruction par le feu de toute la région (éloignée de la capitale) envahie par les laves et aux dommages subis par les plantations (caféiers) dans un rayon de 4^{km} environ, là où la chute de cendres a été particulièrement intense, avec une atténuation progressive au delà de cette distance.

L'éruption qui vient d'être décrite ne tire pas seulement son intérêt du fait qu'elle constitue le réveil d'un volcan considéré comme éteint; elle apporte aussi une donnée précise pour la discussion depuis si longtemps ouverte au sujet des relations possibles des séismes et du volcanisme là où il existe. M. de Montessus de Ballore a traité la question en ce qui concerne les séismes de San Salvador ([1]) et il semble bien conclure pour la négative, tout en ne cachant pas les arguments en faveur d'une liaison possible, dans ce cas particulier, entre ces deux ordres de phénomènes; les événements de 1917 viennent s'ajouter à ces arguments, consistant essentiellement en ce qui s'est passé en 1659 et en 1879-1880 (destruction de San Salvador et éruption de la lagune voisine d'Ilopango). Il y a là au moins trois exemples indiscutables de séismes destructeurs d'origine nettement volcanique.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur un cas particulier de diffraction des images des astres circulaires*. Note de M. **Maurice Hamy**.

Des considérations particulières m'ont conduit à penser qu'il y aurait avantage, à divers points de vue, pour mesurer le diamètre mal connu du Soleil, à observer l'astre au foyer d'une lunette dont l'objectif est recouvert d'un écran opaque, percé d'une fente longue et étroite. L'interposition d'un pareil diaphragme, dans le trajet des rayons, a pour effet de provoquer une dilatation de l'image, dans le sens perpendiculaire à la fente, et l'étude de cette déformation ne présente pas d'intérêt particulier. Dans le sens parallèle à la longueur de la fente, les choses se passent, au con-

([1]) *Les tremblements de Terre*. Paris, 1906, p. 389 et 391.

traire, tout autrement et la distance angulaire des bords de l'image, considérée au niveau de son centre, présente alors un rapport étroit avec le diamètre de l'astre.

L'examen théorique du sujet est intimement lié à la solution du problème suivant :

Un astre circulaire, de diamètre 2ε, étant observé au foyer d'une lunette diaphragmée par une fente rectiligne, trouver les variations de l'intensité lumineuse, dans le sens parallèle à la longueur l de la fente, dans une direction faisant l'angle φ avec la droite allant de l'observateur au centre de l'astre.

Dans mes recherches sur cette question, j'ai supposé l'éclat intrinsèque de l'astre uniforme, la variation de l'éclat du centre au bord n'exerçant qu'une influence négligeable sur les conclusions. On pourrait d'ailleurs en tenir compte, sans introduire de sérieuses complications dans la théorie. Ce que je vais dire ici se rapporte au cas d'une fente très étroite.

Appelons λ la longueur d'onde de la lumière pénétrant dans l'œil de l'observateur, supposée rendue sensiblement monochromatique, à l'aide d'un écran sélecteur placé contre l'oculaire.

Posant

$$\alpha = \frac{\sin\varphi}{\sin\varepsilon}, \qquad m = \pi\,\frac{l\varepsilon}{\lambda},$$

on trouve que l'intensité, dans la direction φ, est proportionnelle à l'expression

$$\text{(1)} \qquad I = 2\varepsilon^2 \int_{-1}^{+1} \sqrt{1-u^2} \left[\frac{\sin m(u-\alpha)}{m(u-\alpha)}\right]^2 du$$

ou

$$\text{(2)} \qquad I = \varepsilon^2 \int_C \sqrt{1-u^2} \left| \frac{\sin m(u-\alpha)}{m(u-\alpha)} \right|^2 du.$$

l'intégrale étant prise le long d'un contour fermé C décrit par la variable, dans le sens direct, et renfermant les points $u = -1$ et $u = +1$. D'autre part, au point de rencontre du contour avec la partie positive de l'axe des abscisses, $\sqrt{1-u^2}$ a une valeur purement imaginaire positive.

Il convient d'ajouter que les formules (1) et (2) supposent, lorsque $\alpha^2 > 1$, que les valeurs de φ considérées, tout en étant supérieures à ε, au signe près, sont du même ordre de grandeur, le rapport $\alpha = \frac{\sin\varphi}{\sin\varepsilon}$ restant compris par exemple entre 1 et 2.

Dès que l atteint quelques centimètres, le nombre m peut devenir fort

élevé. Cette circonstance permet de calculer des expressions asymptotiques faisant connaître la valeur de I, avec une faible erreur relative, en appliquant des théories exposées dans mon Mémoire sur l'approximation des fonctions de grands nombres [1]. On est conduit à considérer trois cas distincts, suivant que α^2 est inférieur, supérieur ou égal à 1.

1° $\alpha^2 < 1$. Il y a lieu, dans ce cas, de partir de l'expression (1) de I et de modifier le chemin d'intégration comme il suit. Décrivons du point $u = \alpha$, comme centre, une demi-circonférence σ de rayon infiniment petit, du côté des ordonnées positives. La fonction sous le signe $\int$ étant holomorphe, dans le voisinage de la valeur $u = \alpha$, on peut remplacer le diamètre de cette demi-circonférence, qui fait partie du chemin d'intégration donné, par la courbe elle-même. Appelons D le contour d'intégration ainsi obtenu. On peut alors écrire

$$\frac{m^2}{\varepsilon^2}\mathrm{I} = \int_{\mathrm{D}} \frac{\sqrt{1-u^2}}{(u-\alpha)^2}\,du - \int_{\mathrm{D}} \frac{\sqrt{1-u^2}}{(u-\alpha)^2}\cos 2m(u-\alpha)\,du.$$

Considérons l'intégrale

$$\mathrm{J} = \int_{\mathrm{D}} \frac{\sqrt{1-u^2}}{(u-\alpha)^2}\sin 2m(u-\alpha)\,du.$$

La partie de J, prise le long du chemin d'intégration qui se confond avec l'axe des abscisses, est évidemment réelle. Quant à celle qui est prise le long de la demi-circonférence, de centre $u = \alpha$, sa valeur s'obtient immédiatement en calculant le terme en $\frac{1}{u-\alpha}$ du développement de l'élément différentiel suivant les puissances de $u - \alpha$. On en déduit

$$\mathrm{J} + 2m\pi\sqrt{-1}\sqrt{1-\alpha^2} = \text{quantité réelle}.$$

Comme I est réel, $\frac{m^2\mathrm{I}}{\varepsilon^2}$ est, par suite, la partie réelle de l'expression

$$\begin{aligned} &2m\pi\sqrt{1-\alpha^2} + \int_{\mathrm{D}} \frac{\sqrt{1-u^2}}{(u-\alpha)^2}\,du - \mathrm{H} \\ &\quad = 2m\pi\sqrt{1-\alpha^2} - \pi + \pi\frac{\alpha}{\sqrt{1-\alpha^2}}\sqrt{-1} - \mathrm{H}, \end{aligned}$$

en faisant

$$\mathrm{H} = \int_{\mathrm{D}} \frac{\sqrt{1-u^2}}{(u-\alpha)^2}\,\mathrm{E}^{2m(u-\alpha)\sqrt{-1}}\,du,$$

E désignant la base des logarithmes népériens.

---

(1) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1908.

Déformant convenablement le contour D, H se décompose en deux parties, chacune de la forme

$$\int f(u)\,\varphi^n(u)\,du.$$

où n représente un grand nombre, $|\varphi(u)|$ prenant sa plus grande valeur, le long du chemin d'intégration, à l'extrémité d'où part la variable. J'ai montré [1] comment on calcule de pareilles intégrales avec de faibles erreurs relatives. Finalement on arrive à la formule

$$(3)\quad \frac{m^2}{\varepsilon^2}\,\mathrm{I} = 2m\pi\sqrt{1-\alpha^2} - \pi + \frac{\sqrt{\pi m}}{4}\left\{ \frac{\cos\left[\frac{\pi}{4} + 2m(1+\alpha)\right]}{m^2(1+\alpha)^2}(1+\eta') + \frac{\cos\left[\frac{\pi}{4} + 2m(1-\alpha)\right]}{m^2(1-\alpha)^2}(1+\eta'') \right\},$$

η' et η'' étant des quantités dont il serait facile de calculer les premiers termes et telles que les produits $m\eta'$ et $m\eta''$ restent finis lorsque m augmente indéfiniment. Mais cela suppose essentiellement que le point $u = \alpha$ reste à distance finie des points $u = -1$ et $u = +1$.

2° $\alpha^2 > 1$. Dans ce cas, $\frac{m^2}{\varepsilon^2}\,\mathrm{I}$ est la partie réelle de l'expression

$$\int_{-1}^{+1} \frac{\sqrt{1-u^2}}{(u-\alpha)^2}\,du - \mathrm{K} = \pi\left(\frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2-1}} - 1\right) - \mathrm{K}$$

en posant

$$\mathrm{K} = \int_{-1}^{+1} \frac{\sqrt{1-u^2}}{(u-\alpha)^2}\,\mathrm{E}^{2m(u-\alpha)\sqrt{-1}}\,du.$$

Cette intégrale se calcule exactement comme H et a même expression analytique. On trouve

$$(4)\quad \frac{m^2\mathrm{I}}{\varepsilon^2} = \pi\left(\frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2-1}} - 1\right) + \frac{\sqrt{\pi m}}{4}\left\{ \frac{\cos\left[\frac{\pi}{4} + 2m(1+\alpha)\right]}{m^2(1+\alpha)^2}(1+\eta') + \frac{\cos\left[\frac{\pi}{4} + 2m(1-\alpha)\right]}{m^2(1-\alpha)^2}(1+\eta'') \right\},$$

les produits $m\eta'$ et $m\eta''$ restant finis, lorsque m augmente indéfiniment, à condition que α ne tende ni vers $+1$, ni vers -1.

3° $\alpha = 1$. Les moyens employés ci-dessus ne réussissent plus. On peut

---

[1] *Loc. cit.*, p. 251.

tourner la difficulté [1], mais il est bien préférable de partir alors de la formule (2).

L'intégrale

$$\int_{C} \sqrt{1-u^2}\,\frac{\sin 2m(u-1)}{(u-1)^2}\,du$$

est réelle. On le reconnaît en remplaçant le contour C par un double lacet embrassant les points $u = +1$, $u = -1$ et le segment de l'axe des abscisses limité par ces points.

On en déduit que $2\,\frac{m^2 I}{\varepsilon^2}$ est la partie réelle de la somme

$$\int_{C} \frac{\sqrt{1-u^2}}{(u-1)^2}\,du - \int_{C} \frac{\sqrt{1-u^2}}{(u-1)^2}\,E^{2m(u-1)\sqrt{-1}}\,du.$$

La première intégrale a pour valeur -2π. Pour calculer la seconde, il convient de déformer le contour C de façon à le faire passer en entier au-dessus de l'axe des abscisses, sauf dans le voisinage des points $u = +1$ et $u = -1$. La considération de ces points permet alors d'obtenir la valeur asymptotique de l'intégrale. La question se ramène aisément à l'évaluation de deux intégrales de la nature de celles que j'ai étudiées dans mon Mémoire déjà cité (p. 264 et suiv.). On en déduit, en désignant par I_B l'intensité au bord géométrique,

$$(3)\qquad \frac{m^2 I_B}{\varepsilon^2} = -\pi + 2\sqrt{2\pi m}\left[1 + \frac{1}{16m} + \ldots\right],$$

le produit par m^2 des termes négligés entre crochets restant fini lorsque m augmente indéfiniment.

L'expression de l'intensité lumineuse, dans le voisinage immédiat du bord géométrique de l'image, peut s'obtenir en développant l'expression (2) de I suivant les puissances de $\varphi - \varepsilon$, ce qui conduit à calculer les dérivées de I pour $\varphi = \varepsilon$.

Négligeant de faibles erreurs relatives de l'ordre de ε^2, on trouve

$$\frac{m^2}{\varepsilon^2}\left(\frac{d^p I}{d\varphi^p}\right)_{\varphi=\varepsilon} = \frac{1}{\varepsilon^p}\int_{C}\left[\frac{\sin m(u-1)}{u-1}\right]^2 \frac{d^p}{du^p}\sqrt{1-u^2}\,du,$$

intégrale qui se calcule par des moyens analogues à ceux déjà indiqués

---

(1) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 457.

ci-dessus. Finalement on arrive à l'expression suivante valable pour $p \geqq 1$:

$$(6) \quad \frac{m^2}{\varepsilon^2}\left(\frac{d^p \mathrm{I}}{d\varphi^p}\right)_{\varphi=\varepsilon} = \frac{2}{4p^2-1}\left(\frac{2m}{\varepsilon}\right)^p \times \sqrt{2\pi m}\left[-\cos p\frac{\pi}{2} - \sin p\frac{\pi}{2} + \frac{3}{16m}\,\frac{2p+1}{2p-3}\left(\cos p\frac{\pi}{2} - \sin p\frac{\pi}{2}\right) + \ldots\right],$$

le produit par m^2 des termes négligés entre crochets restant fini lorsque m augmente indéfiniment.

Supposons φ voisin de ε; α est alors voisin de 1.

Nous avons dit que l'intégrale H, lorsque $\alpha < 1$, est décomposable en deux parties. Le développement asymptotique de l'une procède suivant les puissances de $\frac{1}{m(1+\alpha)}$ et celui de l'autre suivant les puissances de $\frac{1}{m(1-\alpha)}$. Le premier développement est valable, dans le cas qui nous occupe, lorsque m est grand; mais le second n'est utilisable que si $m(1-\alpha)$ est, de plus, un nombre élevé. La formule (3) n'est donc valable que si $m(1-\alpha)$ ou $\pi\frac{l}{\lambda}(\varepsilon-\varphi)$ est un nombre élevé et, dans cette hypothèse, tous les termes sont très petits par rapport aux deux premiers.

La conclusion concernant l'expression (4) de I, lorsque $\alpha > 1$, est identique.

Dans le cas où $l = 1^m$, $\lambda = 0^\mu,5$, si l'on désigne par σ'' la distance angulaire, exprimée en secondes d'arc, du point où l'on examine l'intensité, au bord géométrique,

$$\frac{\pi l}{\lambda}(\varepsilon-\varphi) = 30\sigma''.$$

Les formules (3) et (4) sont alors largement applicables, même à $1''$ du bord géométrique, et les termes contenant $\frac{1}{4}\sqrt{\pi m}$ en facteur sont négligeables vis-à-vis des autres.

Nous reviendrons prochainement sur les conséquences découlant de nos formules.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la nécessité d'améliorer l'équation d'état de Clausius*. Note [1] de M. E. **Ariès**.

Dans quatre de nos récentes Communications [2], nous avons signalé les propriétés assez remarquables dont jouissait l'équation d'état de Clausius

$$(1) \qquad p = \frac{RT}{v - \alpha} = \frac{\varphi(T)}{(v + \beta)^2}$$

dans l'hypothèse où la fonction φ était de la forme

$$(2) \qquad \varphi(T) = \frac{K}{T^n}.$$

Nous avons montré notamment que cette équation s'accordait avec les nombreuses lois sur les états correspondants qu'on déduit du principe général de Van der Waals, principe qu'il convient d'énoncer comme il suit.

Pour tous les fluides d'une même atomicité, pris sous leurs poids moléculaires, l'équation d'état est la même, pourvu qu'on adopte, comme unités de température, de pression et de volume, la température critique du corps T_c, sa pression critique P_c et son volume moléculaire critique v_c.

Les trois variables ordinaires T, p et v sont alors remplacées par les variables réduites τ, π et ν, définies par les relations

$$(3) \qquad \tau = \frac{T}{T_c}, \qquad \pi = \frac{p}{P_c}, \qquad \nu = \frac{v}{v_c}.$$

Il restait à soumettre la théorie au contrôle de l'expérimentation. Ce contrôle peut s'exercer largement sur les formules pratiques qu'on peut tirer de l'équation d'état, et qui sont fort nombreuses. C'est un travail qui promettait d'être fructueux : aussi l'avons-nous entrepris.

La formule qui donne la tension de la vapeur saturée d'un liquide est l'une des plus simples et en même temps des plus importantes parmi celles qu'on tire de notre équation d'état. C'est donc sur elle que nous avons porté tout d'abord nos investigations. Nous l'avons déjà donnée dans l'une des Communications précitées [3]. En désignant par Π ce que devient la variable réduite π, quand elle se rapporte à l'état de saturation, la tension

---

[1] Séance du 24 décembre 1917.

[2] *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 737, 963, et t. 164, 1917, p. 134, 261.

[3] *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 964.

de la vapeur saturée d'un liquide s'exprime au moyen du système

$$(4) \qquad \Pi = \tau Z, \qquad x = \tau^{n+1}.$$

qui est complètement défini quand on connaît T_c, P_c, n. Les deux premières constantes sont généralement connues; Z est une fonction de x, dont on ne peut donner une expression algébrique, mais dont la valeur, correspondant à chaque valeur de x, est donnée par la Table de Clausius [1].

On voit par ces équations, qu'à des températures réduites égales, la tension réduite de vaporisation est la même pour tous les corps dont l'équation d'état comporte le même exposant n dans la fonction φ, et que, par suite, cet exposant est une fonction du degré d'atomicité des corps, si le principe de Van der Waals leur est applicable.

Pour contrôler à la fois cette première conséquence du principe de Van der Waals et la loi de variation de la tension de vapeur, exprimée par le système des deux équations (4), il y avait lieu d'entreprendre nos recherches par groupes de corps de même atomicité; il était tout indiqué de les commencer par l'étude des corps monoatomiques.

Il en existe trois, le crypton, le xénon et l'argon, dont les tensions critiques T_c et P_c sont connues, et qui ont été l'objet d'observations soignées, fixant la tension de leur vapeur sur une assez grande étendue de l'échelle thermométrique. Un examen attentif de ces observations vient confirmer d'une façon très sensible, pour les corps monoatomiques, la loi des états correspondants. Il restait à savoir s'il existe pour ces corps une valeur unique de l'exposant n permettant au système des équations (4) de bien représenter les tensions de vapeur observées.

A proprement parler, aucune valeur de n ne peut convenir. Cette constatation assez décevante ne doit cependant pas décourager le chercheur. Les essais auxquels nous avons dû nous livrer conduisent, en effet, à des remarques de haute importance. Deux de ces essais méritent l'attention : ils ont été faits avec les exposants $n = \frac{1}{2}$ et $n = \frac{2}{5}$. Le Tableau ci-après permet de comparer, dans les deux cas, les valeurs observées et les valeurs calculées de la tension réduite de vapeur pour les trois corps.

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. 30, p. 433 à 451. Dans la Table de Clausius, x est ce qu'il désigne par $\frac{\Theta}{\Theta_c}$ et Z ce qu'il désigne par $\frac{\Pi}{\Pi_c}$.

T.	τ.	P (atm.).	Π obs.	Π calc. $\left(n = \frac{1}{2}\right)$.	Π calc. $\left(n = \frac{2}{5}\right)$.

Crypton (Ramsay et Travers, 1901).

T.	τ.	P (atm.).	Π obs.	$n = \frac{1}{2}$	$n = \frac{2}{5}$
111,0	0,5277	0,39	0,0072	0,0050	0,0080
121,1	0,5756	1,00	0,0184	0,0142	0,0197
124,7	0,5927	1,32	0,024	0,019	0,026
135,1	0,6421	2,63	0,048	0,042	0,054
147,2	0,6996	5,26	0,096	0,090	0,107
161,85	0,7692	10,53	0,194	0,189	0,210
170,8	0,8118	15,79	0,291	0,277	0,293
179,35	0,8524	21,05	0,388	0,380	0,408
185,9	0,8836	26,32	0,485	0,484	0,505
191,6	0,9106	31,58	0,582	0,583	0,601
196,6	0,9344	36,84	0,679	0,673	0,695
201,1	0,9558	42,11	0,776	0,775	0,787
207,65	0,9869	50,00	0,921	0,910	0,933
210,4	1,0000	54,26	1,000	1,000	1,000

Xénon (Ramsay et Travers, 1901).

T.	τ.	P (atm.).	Π obs.	$n = \frac{1}{2}$	$n = \frac{2}{5}$
148,8	0,5173	0,39	0,0068	0,0039	0,0064
163,5	0,5684	1,00	0,0174	0,0106	0,0174
168,7	0,5864	1,32	0,023	0,017	0,023
182,8	0,6355	2,63	0,046	0,038	0,049
199,5	0,6935	5,26	0,092	0,086	0,099
219,5	0,7630	10,53	0,184	0,184	0,206
233,0	0,8100	15,79	0,276	0,273	0,297
243,6	0,8468	21,05	0,368	0,368	0,395
252,5	0,8777	26,32	0,460	0,465	0,486
260,1	0,9042	31,58	0,552	0,567	0,572
267,1	0,9285	36,84	0,644	0,654	0,670
273,6	0,9511	42,11	0,736	0,753	0,785
281,8	0,9796	50,00	0,874	0,894	0,899
287,67	1,0000	57,24	1,000	1,000	1,000

Argon (Ramsay et Travers, 1901, de T = 79,0 à T = 126,7. Crommelin, 1910, de T = 132,2 à T = 150,6).

T.	τ.	P (atm.).	Π obs.	$n = \frac{1}{2}$	$n = \frac{2}{5}$
79,0	0,5246	0,39	0,0081	0,0046	0,0087
87,1	0,5783	1,00	0,0208	0,0145	0,0207
97,85	0,6497	2,63	0,055	0,047	0,059
107,2	0,7118	5,26	0,110	0,104	0,123
118,5	0,7869	10,53	0,220	0,223	0,246
126,7	0,8413	15,79	0,329	0,353	0,371
132,2	0,8778	22,18	0,462	0,465	0,506
138,3	0,9183	29,26	0,610	0,613	0,630
143,2	0,9508	35,85	0,747	0,752	0,799
147,5	0,9794	42,46	0,885	0,891	0,896
150,3	0,9980	47,50	0,990	0,989	0,997
150,6	1,0000	48,00	1,000	1,000	1,000

Dans le premier cas $\left(n = \frac{1}{2}\right)$, il résulte de cette comparaison que si, aux basses températures, l'écart entre les deux valeurs est d'abord accentué, il s'atténue cependant assez rapidement, et qu'à partir de $\tau = 0,70$ jusqu'à $\tau = 1$ (état critique), on constate un rapprochement des plus remarquables entre les tensions observées et les tensions calculées.

On pouvait se demander s'il ne serait pas possible d'obtenir un accord plus satisfaisant en modifiant légèrement l'exposant $\frac{1}{2}$. Il n'en est rien, bien au contraire. Toute augmentation de l'exposant n'a d'autre effet que d'aggraver les divergences aux basses températures et de rompre les concordances aux hautes températures. L'effet d'une diminution se présente un peu autrement, mais sans donner un résultat plus acceptable. L'exposant $n = \frac{2}{5}$, par exemple, donne lieu aux tensions réduites consignées dans le Tableau. Elles sont bien en accord avec les tensions observées aux températures les plus basses, de $\tau = 0,50$ à $0,60$; mais au delà, elles s'élèvent d'une façon exagérée, principalement pour l'argon.

Les enseignements à tirer de ces constatations sont les suivants :

Pour obtenir une formule plus exacte de la tension de vapeur saturée, il convient de donner une forme plus générale à l'équation de Clausius, tout en conservant à la fonction φ l'expression (2) qui paraît s'imposer. Il y aura intérêt à ce que la nouvelle équation ne perde aucune des précieuses qualités dont jouit celle qu'il s'agit d'améliorer. Cette équation devra donc pouvoir s'intégrer facilement par rapport au volume, de façon à donner l'expression très importante de l'énergie libre; jointe à ses deux dérivées, prises également par rapport au volume et égalées à zéro, elle devra fournir entre les trois constantes critiques trois relations simples propres à déterminer ces constantes ; elle devra, par un changement des variables T, v, p en trois nouvelles variables x, y, z, pouvoir se transformer en une équation réduite, identique à celle qui dérive de l'équation (1), ce qui permettra d'utiliser la Table de Clausius pour le calcul des formules qui serait extrêmement compliqué sans le secours de cette Table.

Toutes ces conditions sont entièrement remplies, si l'on remplace dans l'équation (1) les deux constantes α et β par deux fonctions de la température. Telle est la modification que nous proposons d'apporter à l'équation de Clausius; elle ne peut évidemment avoir qu'une heureuse influence sur les formules à déduire de l'équation ainsi généralisée. On pourrait, au premier abord, croire que le bénéfice de cette généralisation sera perdu par la difficulté que présentera la détermination de deux nouvelles fonctions.

Nous espérons pouvoir montrer, dans une prochaine Note, qu'en procédant avec méthode, les complications à prévoir seront facilement vaincues.

ÉLECTRICITÉ. — *Mesure directe de l'angle de décalage intérieur d'un alternateur et de la « torsance » (réactance transversale globale).* Note (1) de **M. A. Blondel.**

Le diagramme des alternateurs que j'ai donné dans une Note précédente (2) permet, comme je l'ai déjà signalé autrefois (3), de déterminer un coefficient global de self-induction transversale représentant tous les effets de réaction transversale et des fuites qui s'ajoutent à cette dernière pour produire le décalage des pôles de l'induit par rapport aux pôles de l'inducteur. Ce décalage provenant d'une torsion du flux principal, j'appellerai *torsance* la réactance correspondant à l'effet d'auto-induction produit par tout l'ensemble des flux qui se ferment autour de l'induit par l'air, par les encoches et par les pièces polaires, quand cet induit est parcouru par un courant purement watté, c'est-à-dire en phase avec la force électromotrice interne ou force électromotrice joubertique. Je me propose d'indiquer pour cette mesure divers dispositifs expérimentaux qui peuvent s'appliquer à un alternateur en service.

D'après le diagramme que je reproduis ici, OA représente la tension U aux bornes; OP le courant débité I, décalé d'un angle φ par rapport à U; la force électromotrice joubertique $\overline{OM}$ (4) s'obtient en portant à partir de A un segment

$$\overline{AB} = r\,I,$$

puis de B un segment perpendiculaire à OP et ayant pour expression

$$\overline{BM} = \omega L_t I.$$

---

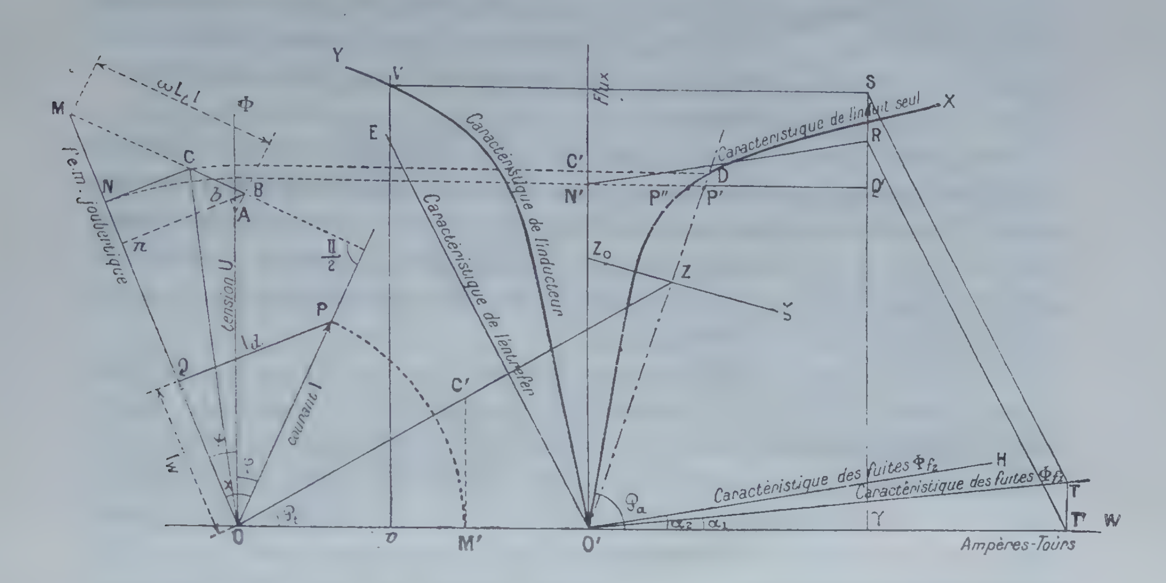
(1) Séance du 17 décembre 1917.

(2) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 570.

(3) *L'Industrie électrique*, novembre 1899, et *Proceedings of the International Electrical Congress*, Saint-Louis 1904. Dans ces deux études j'avais décrit l'emploi d'un contact tournant plus compliqué que le présent dispositif, mais qui peut être employé avantageusement comme méthode de zéro, surtout si l'on a soin de brancher le galvanomètre en dérivation sur la self-induction d'un circuit dérivé accordé à la résonance sur l'harmonique fondamental.

(4) C'est-à-dire la force électromotrice interne que supposerait pour produire ce régime la théorie ancienne de Joubert.

en appelant r' la résistance totale équivalente (c'est-à-dire comprenant la résistance ohmique et les effets de l'hystérésis et des courants de Foucault), ω la vitesse de pulsation et ωL_t la *torsance*.



Réciproquement, si l'on a mesuré par une expérience directe l'angle $\psi = \mathrm{MOP}$, le courant I, et si l'angle de décalage extérieur φ a été déterminé par un phasemètre quelconque, on peut construire $\overline{\mathrm{BM}}$ en traçant simplement par B une perpendiculaire à OP jusqu'à sa rencontre avec OM; le quotient

$$\frac{\overline{\mathrm{BM}}}{\overline{\mathrm{DP}}} = \omega L_t$$

donne alors immédiatement une valeur de la *torsance* correspondant aux conditions d'utilisation de la machine et aux conditions magnétiques du circuit.

Pour utiliser cette propriété, d'ailleurs évidente, il faut seulement pouvoir déterminer l'angle ψ de décalage interne; j'ai recours, dans ce but, à une méthode stroboscopique assez simple pour qu'on puisse l'appliquer aisément à toute machine existante.

Sur l'arbre de l'alternateur, on fixe par une vis un disque bien centré, muni de traits équidistants en nombre égal à celui des pôles de la ma-

chine [1]; autour de ce disque, ou en avant de lui, on dispose un anneau de carton concentrique, fixe ou mobile, portant une graduation permettant de lire les angles entre deux positions de traits.

On regarde le disque à l'aide d'un œilleton fixe placé en face d'un point de la périphérie, et l'on éclaire le disque par une source intermittente, donnant des éclats synchronisés correspondant à une phase, toujours la même, de la tension aux bornes U.

Le moyen le plus commode que j'aie trouvé pour faire cet éclairage est l'emploi d'un éclateur synchronisé par un électro-aimant agissant sur une palette vibrante, portant un contact en platine qui ouvre et ferme le courant primaire de la bobine d'induction alimentant l'éclateur; cet électro-aimant est parcouru par un courant dérivé dans un rhéostat non inductif branché aux bornes de l'alternateur [2].

Par des expériences préliminaires exécutées en 1916, avec le concours de mon assistant M. Touly, sur une petite commutatrice portant le disque que je viens de décrire, je me suis assuré que l'on pouvait obtenir un synchronisme absolument rigoureux et la constance de la phase de l'étincelle, grâce à une construction spéciale du vibrateur [3], qui comporte un contact porté par une palette auxiliaire amortie par un amortisseur en caoutchouc et un réglage de l'écartement de l'électro-aimant de l'écart des électrodes du contact.

Quand la commutatrice munie d'un volant tourne à une vitesse parfaitement régulière et que l'électro-diapason est alimenté toujours à la même

---

(1) Il est avantageux d'employer un disque noirci et des traits blancs. Bien entendu, on peut remplacer les traits blancs par des fentes éclairées par derrière, ou employer des cartons blancs avec des traits noirs.

(2) On peut utilement interposer entre le circuit dérivé de l'alternateur et l'électro, qui est à très faible voltage, un transformateur à secondaire variable, permettant de régler la tension, toujours à la même valeur. Quand l'alternateur donne une onde impure, il est encore préférable de brancher l'électro-diapason en série dans un circuit dérivé comprenant un self et une capacité réglés de manière à laisser passer un courant en résonance (pas trop aiguë) sur l'harmonique principal de l'alternateur, pour éliminer les effets perturbateurs dus aux harmoniques supérieures.

(3) Le vibrateur est celui que j'ai déjà décrit à propos de l'électro-chronographe, dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 977) il a été construit d'après mes indications par MM. Camillerapp et Delagrange, et exposé la même année à la Société de Physique. Des expériences oscillographiques ont montré qu'en alimentant l'électro-aimant par un courant alternatif des fréquences usuelles, l'étincelle de rupture se produit bien toujours exactement à la même phase.

tension par le courant d'un réseau sur lequel est branchée cette commutatrice, les traits blancs du disque apparaissent rigoureusement fixes.

Le voltage aux bornes de l'électro est réglé par un transformateur et par un rhéostat en série, dont la résistance reste invariable.

Il suffira de transporter le même dispositif sur l'alternateur à étudier et de faire successivement deux lectures de la position angulaire des traits blancs par rapport à la graduation mentionnée plus haut :

Première lecture avec l'alternateur débitant, ce qui donne une orientation du vecteur $\overline{OA}$ dans l'espace ;

Deuxième lecture avec l'alternateur fonctionnant à circuit ouvert (c'est-à-dire après avoir débranché l'alternateur), en ayant soin de ramener la tension aux bornes de l'électro à la même valeur que précédemment. Cette lecture détermine l'orientation du vecteur de la force électromotrice joubertique $\overline{OM}$, dont la position par rapport à l'alternateur est invariable.

Ce qui change en réalité dans les deux lectures, c'est le moment de production de l'étincelle à l'éclateur, étincelle qui jaillit au moment où se rompt le contact de la lame vibrante.

La distance angulaire entre les deux lectures faites sur la graduation, mesure l'angle $\widehat{MOA}$ du diagramme; l'angle $\widehat{AOP}$ étant donné par le phasemètre (ou par deux wattmètres qui permettent de le calculer), la somme des angles φ et ψ donne l'angle cherché $\widehat{MOP}$, et l'on peut achever la construction de $\overline{MB}$ comme on l'a expliqué plus haut. Le problème est donc résolu.

Cette méthode a le petit inconvénient d'exiger un vibrateur spécial, ainsi qu'une source à courant continu pour alimenter l'éclateur; pour accroître de la lumière, ce dernier doit être en magnésium et être shunté par un condensateur (¹).

On pourrait simplifier le dispositif d'éclairement stroboscopique en employant comme source de lumière une petite lampe à incandescence à filament métallique fin et court (pour avoir un refroidissement rapide),

---

(¹) Les caractéristiques du vibrateur et de l'éclateur employés dans les expériences mentionnées plus haut étaient les suivantes : Trembleur à lame de fer de longueur 100^{mm}; épaisseur, 2^{mm}; largeur, 10^{mm}; longueur d'encastrement, 16^{mm}. Différence de potentiel aux bornes : du diapason, 6 volts (accumulateurs); du circuit primaire de la bobine, 12 volts (accumulateurs). Résistance de l'enroulement : primaire, 0,7 ohm; secondaire, 3800 ohms. Condensateur plan à lame de verre (épaisseur $1^{mm},5$) et à armatures d'étain de $72^{cm},2$, réalisant une capacité d'environ $2,5.10^{-4}$ microfarad. Éclateur à pointes en magnésium, écartées de $1^{mm},5$.

recevant le courant pris aux bornes de l'alternateur par l'intermédiaire d'un rhéostat absorbant presque toute la tension, mis en série avec le primaire d'un transformateur à noyau très saturé (donnant par conséquent une onde de force électromotrice secondaire à pointes aiguës), et en ayant soin de ramener toujours à la même valeur le voltage aux bornes secondaires de ce transformateur, par un rhéostat réglable ou mieux par des prises de courant divisant le secondaire; un éclairage de ce genre donne des maxima d'éclat très nets, et de phase constante par rapport à chaque alternance du courant; on pourra ainsi observer sur le disque tournant, au lieu d'un trait net, un secteur plus ou moins large, dont on pourra repérer le rayon médian par rapport à la graduation, de la manière qu'on a indiquée plus haut.

D'autres dispositifs expérimentaux sont possibles; ceux qui précèdent paraissent les plus commodes d'emploi pour la goniométrie des vecteurs des forces électromotrices des alternateurs.

RAPPORTS.

Rapport sommaire de la Commission de Balistique, par M. **Paul Appell.**

La Commission signale les mémoires suivants :

1° *Sur l'expansion des gaz à la bouche des canons*, par Ernest Esclangon (reçu le 17 décembre 1917).

2° *Sur l'expression par une fonction hypergéométrique de l'intégrale* $\xi_n(\tau)$ *qui s'introduit dans l'équation de l'hodographe, quand on suppose la résistance de l'air de la forme* kv^n, par M. J. Kampé de Fériet (reçu le 24 décembre 1917).

Rapport de M. **G. Humbert** *sur une Communication de M.* Gaston Julia, intitulée : *Sur les substitutions rationnelles* (1).

L'Académie m'a chargé d'examiner, en même temps que les quatre plis cachetés de M. Julia, ouverts dans la séance du 24 décembre, une Note où

(1) Voir ci-après, p. 1098.

le même auteur soulève une question de priorité, à propos de certains énoncés qu'il a, assure-t-il, consignés dans ses plis.

Pour ces énoncés, qu'il ne cite pas tous explicitement dans sa Note, il renvoie à l'ensemble d'une Note de M. Fatou [1], en exceptant l'exemple numérique, et, partiellement du moins, un des résultats qu'elle contient.

La comparaison du texte des deux Notes avec celui des quatre plis montre que l'assertion de M. Julia est fondée : ses plis renferment bien, parmi d'autres, tous les énoncés dont il revendique la priorité ; ils y figurent, soit dans les termes mêmes de l'une ou de l'autre Note, soit en termes équivalents, parfois aussi sous une forme plus générale ou plus étendue.

CORRESPONDANCE.

M. **Georges Friedel**, élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre des Colonies** adresse à l'Académie un exemplaire des volumes suivants du Rapport général sur la Mission de délimitation Afrique équatoriale française-Cameroun (1912-1913-1914) :

Tome I : *Astronomie, Topographie, Altimétrie, Radiotélégraphie ;*

Tome III : *La flore et la faune en Afrique équatoriale française. Cultures et animaux domestiques ;*

Tome IV : *Vocabulaires ;*

ainsi qu'un album de reproductions photographiques.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

L. Lex, *Lettres inédites de Joseph Dombey* (1785).

M. **L. Ballif** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 992.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les substitutions rationnelles.* Note [1] de M. **Gaston Julia.**

Je viens de lire avec intérêt la Note de M. Fatou publiée dans le *Compte rendu* du 17 décembre 1917. Les résultats essentiels qu'elle contient, je les ai consignés moi-même antérieurement dans une série de quatre plis cachetés que j'ai déposés au Secrétariat de l'Institut et qui ont été enregistrés sous les nos 8401, 8431, 8438, 8466, aux dates respectives du 4 juin 1917, du 27 août 1917, du 17 septembre 1917, du 10 décembre 1917. L'Académie pourra, en ouvrant ces quatre plis, se rendre compte que les résultats que donne M. Fatou, aux notations et aux exemples près, s'y trouvent avec l'indication brève des méthodes suivies, dont l'une, coïncidence curieuse, utilise précisément les résultats de M. Montel sur les suites normales de fonctions analytiques qu'utilise M. Fatou. L'Académie estimera, à la fois quant aux méthodes et quant aux résultats, à qui doit être attribuée la priorité. J'ajoute que mes quatre plis contiennent d'autres résultats en sus de ceux indiqués par M. Fatou, et d'autres méthodes. Et relativement aux résultats énoncés par M. Fatou, il y a des précisions nouvelles qu'on peut énoncer.

Quelques mots d'historique tirés des notes que j'ai conservées sur le contenu de mes plis. Si j'ai pris la décision de déposer ces plis, c'est qu'à la date du 21 mai 1917 M. Fatou faisait connaître dans les *Comptes rendus* quelques-uns des résultats auxquels j'étais parvenu. Aussi, dès le 4 juin, je faisais connaître dans mon premier pli :

1° Que le *domaine restreint* [2] (que j'appelais domaine immédiat de convergence) d'un point double ζ à multiplicateur $|s| < 1$ contenait toujours au moins un *point critique* pour la branche de la fonction inverse de $f(z)$ qui devient égale à ζ au point ζ. Je signalais la même propriété pour les points d'un groupe circulaire limite $\zeta, \zeta_1, \ldots, \zeta_{p-1}$ (cycle de M. Fatou)

$$[\zeta = f_p(\zeta), \quad \zeta_i = f(\zeta_{i-1}), \quad \ldots, \quad \zeta = f(\zeta_{p-1}), \quad |f'_p(\zeta)| < 1].$$

C'est bien dans le domaine *restreint* d'un au moins des ζ_i que se trouve un point critique de la fonction inverse de $f(z)$. C'est une précision

---

[1] Séance du 24 décembre 1917.

[2] J'utilise deux méthodes différentes, distinctes toutes deux des résultats de M. Montel.

apportée au résultat de M. Fatou (§ III de sa Note). J'en déduisais la limitation du nombre des points limites et des groupes circulaires limites.

2° Je donnais la relation $\sum_{1}^{k+1} \frac{1}{s_i - 1} + 1 = 0$ et j'en concluais *qu'il pouvait n'y avoir pas de point double à* $|s| \leqq 1$. Et aussi qu'il pouvait y avoir jusqu'à k points doubles à $|s| < 1$ pour une fraction de degré k. Donnant alors la condition nécessaire et suffisante pour que le *domaine restreint* d'un point limite soit aussi le *domaine total de convergence* vers ce point, j'en déduisais que, dès que le nombre de ces points limites est assez élevé, il y avait lieu de distinguer du *domaine restreint* le *domaine total de convergence* qui peut se composer alors d'une infinité d'aires. Je donnais l'exemple simple $z_1 = \frac{-z^3 + 3z}{2}$ qui s'est montré intéressant à plus d'un titre [1].

C'est là un résultat moins précis que celui énoncé par M. Fatou (lignes en italique du § I). Mais, depuis le dépôt de ce premier pli, en rédigeant un Mémoire détaillé [2], je déduisis de la condition précédente un résultat qui comprend en particulier celui de M. Fatou.

Je passe sous silence les autres résultats de cette Note. A cette époque j'ignorais les travaux de M. Montel. Mon attention sur eux fut attirée par sa Note du 4 juin 1917. Je les étudiai à ce moment dans un tirage à part que M. Montel voulut bien m'envoyer. Le 27 août, dans mon deuxième pli, je les utilisais et je faisais connaître les propriétés essentielles de l'ensemble parfait F que M. Fatou vient de donner. Je l'ai introduit d'une façon plus générale (l'appelant E'), sans me préoccuper des points doubles à $|s| < 1$ qui, je le savais, pouvaient ne pas exister. Je l'ai étudié *en lui-même*. Je reconnus son rôle dans la délimitation des domaines de convergence, et sa complexité, dans ce pli et dans celui du 17 septembre.

Les propriétés des paragraphes I, II, III, de la Note de M. Fatou, s'y trouvent avec d'autres. J'oubliais à ce moment qu'il pouvait y avoir deux valeurs exceptionnelles dans l'exemple $z_1 = kz^{\mp m}$ et ses équivalents. En rédigeant plus tard, je m'en rendis compte, et je réparai mon omission (d'ailleurs légère, puisque l'exemple $z_1 = kz^{\mp m}$, qui se ramène à $Z_1 = Z^{\pm m}$, est banal), un peu tardivement c'est vrai, à cause des préoccu-

---

(1) Depuis, l'application de la règle de Newton aux équations algébriques de degré > 2 m'a donné, de ces circonstances, d'autres exemples intéressants. $z_1 = \frac{-z^3 + 3z}{2}$ peut d'ailleurs s'y ramener.

(2) Déposé au Secrétariat de l'Académie le 24 décembre 1917.

pations de ma Thèse, dans mon pli du 10 décembre. Dans ce dernier pli j'étudiais aussi les points doubles à $s^p = 1$ et les groupes circulaires limites à $s^p = 1$ en reconnaissant que ces points étaient points limites et points de F, et que leur *domaine* contenait aussi un point critique pour l'inverse de $f(z)$. J'en ai donné des exemples pour lesquels j'énonce des propriétés précises de l'ensemble F. En particulier j'ai indiqué $z_1 = z + z^3$, qui, comme $z_1 = \frac{-z^3 + 3z}{2}$, présente les qualités de distribution des domaines que M. Fatou indique dans $z_1 = z^2 - 1$ (§ I et II de sa Note). J'en ai aussi indiqué d'autres.

J'avais aussi reconnu que F pouvait être un segment de droite, et donné l'exemple simple $z_1 = z^2 - 2$ (10 décembre) auquel se ramène, comme je viens de le vérifier, l'expression de $\cos 2u$ en $\cos u$ (Fatou, § IV). Enfin, je puis dire aussi que F peut se composer d'une infinité dénombrable de continus linéaires deux à deux extérieurs (et des points qui pourraient être points limites pour l'ensemble de ces continus) délimitant par leur ensemble un domaine D_∞ ayant une connexion *infinie*, chacun de ces continus délimitant une région intérieure *simplement connexe*, ces continus se groupant de telle façon que tout point de l'un d'eux est limite pour une infinité de continus distincts du premier, extérieurs au premier, à la façon déjà connue pour les points d'un ensemble parfait discontinu. Exemple : $z_1 = A\left(\frac{z^5}{5} - 2a\frac{z^4}{4} + a^2\frac{z^3}{3}\right)$, a réel positif et A réel positif assez grand déterminé dès que a est donné.

J'ai encore obtenu, depuis le 10 décembre, d'autres résultats que je ne puis exposer dans cette Note.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Transcendantes de Fourier-Bessel à plusieurs variables*. Note [1] de M. **Akimoff**, présentée par M. Appell.

M. Pérès a indiqué [2] pour les transcendantes $J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ les relations suivantes :

$$(1) \qquad \frac{\partial J_k}{\partial x_p} = \frac{1}{2}(J_{k-p} - J_{k+p}) \qquad (p = 1, 2, \ldots, n),$$

$$(2) \qquad kJ_k = \frac{1}{2}[x_1(J_{k-1} + J_{k+1}) + 2x_2(J_{k-2} + J_{k+2}) + \ldots + nx_n(J_{k-n} + J_{k+n})].$$

(1) Séance du 24 décembre 1917.

(2) *Comptes rendus*, t. **161**, 1915, p. 168.

qui conduisent à un système d'équations aux dérivées partielles admettant $2n$ solutions linéairement indépendantes dont l'une est la transcendante $J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ elle-même. k étant un paramètre quelconque, les intégrales

(3) $$\frac{1}{2\pi i}\int_{-\infty\cdot\alpha}^{\infty\cdot\beta} e^{\frac{x_1}{2}\left(u-\frac{1}{u}\right)+\frac{x_2}{2}\left(u^2-\frac{1}{u^2}\right)+\ldots+\frac{x_n}{2}\left(u^n-\frac{1}{u^n}\right)} u^{-k-1}\,du,$$

(4) $$\frac{1}{2\pi i}\int_{\frac{0}{\beta\rho}}^{\frac{0}{\alpha\rho}} e^{\frac{x_1}{2}\left(u-\frac{1}{u}\right)+\frac{x_2}{2}\left(u^2-\frac{1}{u^2}\right)+\ldots+\frac{x_n}{2}\left(u^n-\frac{1}{u^n}\right)} u^{-k-1}\,du,$$

(5) $$\frac{1}{2\pi i}\int_{\frac{0}{\beta\rho}}^{\infty\cdot\alpha} e^{\frac{x_1}{2}\left(u-\frac{1}{u}\right)+\frac{x_2}{2}\left(u^2-\frac{1}{u^2}\right)+\ldots+\frac{x_n}{2}\left(u^n-\frac{1}{u^n}\right)} u^{-k-1}\,du,$$

$\rho = e^{\frac{\pi i}{n}}$, α et β désignant deux constantes telles que la partie réelle de

$$x_n\rho^n \quad R(x_n\alpha^n) < 0, \qquad R(x_n\beta^n) < 0,$$

vérifient les relations (1) et (2). En posant

$$\beta = \alpha . e^{-\frac{2\pi i}{n}p} \qquad (p = 0, 1, 2, \ldots, n-1),$$

on déduit de (3) et (4) les $2n$ solutions du système (1) et (2) :

(6) $J_k^{(0)}(x_1, x_2, \ldots, x_n) = J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, $\quad J_k^{(m)}(x_1, x_2, \ldots, x_n)\;(m = 1, 2, \ldots, 2n-1)$,

liées entre elles par les relations

(7) $$J_k^{(n+p)}(x_1, x_2, \ldots, x_n) = e^{-k\pi i} J_{-k}^{(p)}[x_1, -x_2, \ldots, (-1)^{n-1}x_n].$$

L'intégrale (5) fournit des solutions s'exprimant linéairement au moyen de (6). Ainsi :

(8) $$\frac{1}{2\pi i}\int_{\frac{0}{\alpha\rho}}^{\infty.\alpha} e^{\frac{x_1}{2}\left(u-\frac{1}{u}\right)+\frac{x_2}{2}\left(u^2-\frac{1}{u^2}\right)+\ldots+\frac{x_n}{2}\left(u^n-\frac{1}{u^n}\right)} u^{-k-1}\,du$$
$$= \frac{J_{-k}[x_1, -x_2, \ldots, (-1)^{n-1}x_n] - e^{-k\pi i}J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{2i\sin k\pi} \quad [1].$$

Les fonctions (6) sont linéairement indépendantes, sauf pour les valeurs entières de k.

---

[1] Pour $n = 1$, les égalités (7) et (8) sont indiquées par Sonine (*Mathematische Annalen*, Band 16, 1880, p. 24).

On prend alors pour nouvelle solution la fonction (8) ou la fonction plus simple

$$(9)\quad \mathrm{Y}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{\cos k\pi\, \mathrm{J}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n) - \mathrm{J}_{-k}[x_1, -x_2, \ldots, (-1)^{n-1}x_n]}{\sin k\pi}$$

généralisant les transcendantes de Hankel et Neumann. On peut transformer les intégrales (3), (4) et (5) de telle manière que le chemin d'intégration soit réel [1]. En s'appuyant sur les égalités

$$e^{\frac{x_1}{2}\left(u - \frac{1}{u}\right) + \ldots + \frac{x_{n-1}}{2}\left(u^{n-1} - \frac{1}{u^{n-1}}\right)} = \sum_{i_1=-\infty}^{i_1=+\infty} \cdots \sum_{i_{n-1}=-\infty}^{i_{n-1}=+\infty} \mathrm{J}_{i_1}(x_1) \ldots \mathrm{J}_{i_{n-1}}(x_{n-1})\, u^{i_1 + \ldots + (n-1)i_{n-1}},$$

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{\infty.\alpha}^{\infty.\beta} e^{\frac{x_n}{2}\left(u^n - \frac{1}{u^n}\right)} u^{-h-1}\, du = \frac{e^{\frac{2\pi i h}{n}(n-p)} - 1}{n\left(e^{\frac{2\pi i h}{n}} - 1\right)} \mathrm{J}_{\frac{h}{n}}(x_n),$$

on trouve, pour les fonctions (6), (8) et (9), les développements en séries multiples suivant les produits de fonctions cylindriques [2]. Rappelons encore la formule

$$(10)\quad \mathrm{J}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{m=0}^{m=\infty} \frac{v_{k+m}(x_1, x_2, \ldots, x_n)\, v_m(-x_1, -x_2, \ldots, -x_n)}{2^{k+2m}\,\Gamma(k+m+1).1.2\ldots m},$$

$$(11)\quad v_s = \frac{2^s\,\Gamma(s+1)}{2\pi i}\int_{\infty.\alpha}^{\infty.\alpha} e^{\frac{x_1}{2}u + \frac{x_2}{2}u^2 + \ldots + \frac{x_n}{2}u^n} u^{-s-1}\, du,$$

le point $u = 0$ étant situé dans l'intérieur du contour d'intégration [3]. Indiquons comme exemple le développement de l'équation du centre suivant les sinus des multiples de l'anomalie moyenne ζ

$$w - \zeta = \sum_{k=1}^{k=\infty} \frac{2}{k}\mathrm{J}_k(k\gamma_1, k\gamma_2, \ldots)\sin k\zeta,$$

w étant l'anomalie vraie, et

$$\gamma_n = (-1)^{n-1}\frac{2}{n}\,\frac{1 + n\sqrt{1-e^2}}{\left(1+\sqrt{1-e^2}\right)^n}\,e^n.$$

---

(1) Appell, *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 422. — Akimoff, *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 26.

(2) *Loc. cit.*, Jekowski, *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. 41, 1917, p. 58.

(3) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 23.

D'après les formules (10) et (11), on retrouve pour les coefficients de

$$\sin k\zeta \qquad (k=1, 2, \ldots)$$

les séries de puissances de e obtenues dans les Ouvrages de Laplace [1], Le Verrier [2] et Tisserand [3].

ÉLASTICITÉ. — *Sur la démonstration rigoureuse des formules des poutres rectangulaires et des plaques.* Note de M. **Mesnager**, transmise par M. Blondel.

J'ai donné précédemment [4] une méthode générale pour établir cette démonstration et commencé, à titre d'exemple justificatif, une application. Je la termine ci-dessous.

2° Soit h la hauteur de la poutre. Le système (1) fournit pour les tensions sur la base supérieure de cette poutre, correspondant aux forces F agissant sur la base inférieure de a en a, en posant $H=\frac{2\pi h}{a}$,

$$(3)\qquad \left\{\begin{aligned} N_2 &= \frac{F}{a}+\frac{2F}{a}\sum_{n=1}^{n=\infty}(1+nH)e^{-nH}\cos nX,\\ T &= \frac{2F}{a}\sum_{n=1}^{n=\infty}nHe^{-nH}\sin nX, \qquad \text{avec} \qquad X=\frac{2\pi x}{a}.\end{aligned}\right.$$

Sur la base inférieure on aura le système (4), où N_2 a la même valeur et où T aura le signe contraire pour les tensions correspondant aux forces F, opposées aux premières. En appelant (3′) et (4′) ces équations dans lesquelles on a changé le signe du second membre, nous obtenons le système des tensions sous lequel il nous reste à étudier la poutre.

Prenons d'autre part les formules générales des tensions périodiques de période a en x, symétriques par rapport à Ox et Oy. Elles conviennent

---

(1) *Traité de Mécanique céleste*, Livre II, n° 22.

(2) *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. 1, p. 198-204.

(3) *Traité de Mécanique céleste*, t. 1, n°s 84 et 91-93.

(4) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 997. (Y supprimer « cas » à la dernière ligne.

évidemment au cas envisagé. Elles sont

$$(5)\quad \left\{\begin{aligned} N_1 &= A_0 + \sum_{n=1}^{n=\infty} (A_n \operatorname{ch} nY + D_n nY \operatorname{sh} nY) \cos nX, \\ N_2 &= B_0 - \sum_{n=1}^{n=\infty} [(A_n - 2D_n) \operatorname{ch} nY + D_n nY \operatorname{sh} nY] \cos nX, \\ T &= C_0 + \sum_{n=1}^{n=\infty} [(A_n - D_n) \operatorname{sh} nY + D_n nY \operatorname{ch} nY] \sin nX. \end{aligned}\right.$$

Supposons l'axe Ox au milieu de la hauteur du solide et faisons, dans la deuxième et la troisième équation (5), $y = 0,5h$, ce qui donne un système (6), et $y = -0,5h$, ce qui donne un système (7). Identifions les équations (6) avec les équations (3') et les équations (7) avec les équations (4'). Nous trouvons

$$(8)\quad \left\{\begin{aligned} & B_0 = -\frac{F}{a}, \qquad C_0 = 0, \\ & A_n \operatorname{ch} n\frac{H}{2} + D_n\left(n\frac{H}{2}\operatorname{sh} n\frac{H}{2} - 2\operatorname{ch} n\frac{H}{2}\right) = \frac{2F}{a}(1 + nH)e^{-nH}, \\ & A_n \operatorname{sh} n\frac{H}{2} + D_n\left(n\frac{H}{2}\operatorname{ch} n\frac{H}{2} - \operatorname{sh} n\frac{H}{2}\right) = -\frac{2F}{a} nHe^{-nH}. \end{aligned}\right.$$

Le déterminant est $0,5(nH - \operatorname{sh} nH)$, il est toujours positif puisqu'on ne doit considérer que les valeurs de $n > 0$; de plus, les seconds membres étant $\neq 0$, il y a toujours un système de valeurs finies, non nulles, pour A_n et D_n. Pour n très grand, les termes qui contiennent des puissances de e formeront seuls la partie principale de la valeur. On voit immédiatement qu'elle contient e au degré $-1,5nH$. En substituant dans (5), on aura la solution, si toutes les séries de ce système et les dérivées auxquelles on a dû recourir pour établir les formules (5) sont uniformément convergentes dans toute l'étendue du solide et à ses frontières $y = \pm h$. Considérant la moitié du solide dans laquelle on a $y > 0$, ce qui renseignera sur l'ensemble par raison de symétrie, la puissance de e est $nY - 1,5nH$. A cause de $y < 0,5h$ ou $Y < 0,5H$, elle est toujours au plus égale à $-nH$. Donc les séries et leurs dérivées sont toutes uniformément convergentes dans ce domaine.

Tous les problèmes à deux dimensions sur les poutres indéfinies de hauteur constante, formées de travées de longueurs égales, toutes sollicitées

de la même façon par un nombre fini de forces normales, pourront être résolus rigoureusement de la même manière. Car la première partie de la solution sera toujours donnée par un nombre fini de fonctions qui se déduiront des équations (2) par un simple changement d'origine, ce qui remplacera seulement $\cos nX$ par $\cos nX \cos nX_1 - \sin nX \sin nX_1$, X_1 étant une quantité fixe. Les coefficients de $\cos nX$ et $\sin nX$ conservent la forme des coefficients précédents de $\cos nX$ à un facteur près $\leqq 1$. Les expressions (5) sont remplacées par des expressions renfermant huit termes qui contiennent les valeurs distinctes de

$$(\text{sh ou ch})\, nY (\sin \text{ ou } \cos)\, nX$$

et

$$nY (\text{sh ou ch})\, nY (\sin \text{ ou } \cos)\, nX.$$

Les coefficients A_n, B_n, ..., G_n, H_n de N_1 entrent devant les sh et ch dans N_2 en différences $A_n - 2D_n$, $B_n - 2C_n$, $E_n - 2H_n$, $F_n - 2G_n$, et dans T en différences $A_n - D_n$, $B_n - C_n$, $E_n - H_n$, $F_n - G_n$ comme dans (5).

La symétrie par rapport à Ox ayant disparu, on trouve huit équations dans le système (8) pour déterminer les huit inconnues A_n, B_n, ..., H_n. Le déterminant est différent de zéro et les seconds membres ne sont pas tous nuls. Les puissances de H et de Y diffèrent entre le numérateur et le dénominateur de la même quantité que précédemment. Il y a donc toujours une solution et une seule jouissant des mêmes propriétés.

Remarque. — Les tensions de M. Boussinesq, appliquées aux points $x = Ka$, $y = O$, peuvent s'écrire par application directe de ses formules et de celles de Flamant [1]

$$(9) \quad \left\{ \begin{aligned} N_1 &= \frac{2F}{\pi} \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} \frac{(x-na)^2 y}{[(x-na)^2+y^2]^2}, \qquad N_2 = \frac{2F}{\pi} \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} \frac{y^3}{[(x-na)^2+y^2]^2}, \\ T &= \frac{2F}{\pi} \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} \frac{(x-na) y^2}{[(x-na)^2+y^2]^2}. \end{aligned} \right.$$

En les rapprochant des formules (2) on trouve un moyen de sommer des séries moins particulières que celles de forme analogue, envisagées par M. Estanave dans son Livre *Sur la sommation de quelques séries trigonométriques*. Les formules (1) sont les séries de Fourier.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 114, 1892, p. 1465; *Annales des Ponts et Chaussées*, n° 7-8, 1893, p. 254.

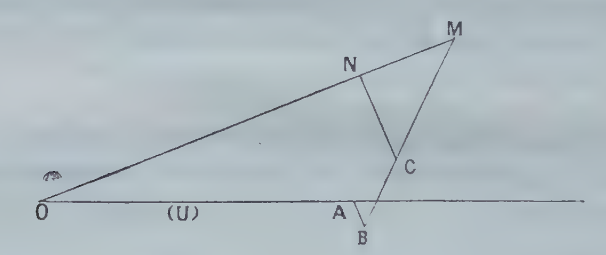
ÉLECTRICITÉ. — *Complément à la théorie de M. Blondel sur la réaction d'induit des alternateurs.* Note [1] de M. **André Léauté**, transmise par M. Blondel.

La théorie de M. Blondel sur la réaction d'induit des alternateurs conduit au diagramme bien connu, qui est tracé ci-dessous; les notations sont les suivantes :

OA = U, différence de potentiel aux bornes;
AB = RI, chute de tension par effet Joule, courants de Foucault et hystérésis;
BC = ωlI, force électromotrice due aux fuites propres de l'induit;
CN = τI_r, force électromotrice de réaction transversale;
ON, force électromotrice directe;
I_a, I_r, composantes active et réactive [2] de l'intensité dans l'induit.

Tous les vecteurs représentent les amplitudes efficaces de quantités sinusoïdales.

Je me propose, en vue d'une application, d'utiliser ce diagramme à



l'étude de la puissance fournie par un alternateur supposé fonctionner avec une tension et une excitation constantes, mais sous un déphasage variable.

Si l'on remarque, comme l'a indiqué M. Blondel, que dans le cas où la différence de potentiel aux bornes est indépendante du débit, il en est sensiblement de même du flux dans le noyau induit [3], on obtient, par des considérations dont le détail sera donné dans un autre Recueil, une relation

---

[1] Séance du 17 décembre 1917.

[2] On entend par *composante active* celle qui est en phase avec la force électromotrice directe.

[3] Dans la plupart des cas réels, l'erreur est inférieure à 2 pour 1000.

linéaire entre la valeur de la force électromotrice directe et celle de l'intensité réactive.

Soit

$$\overline{ON} = A - BI_r,$$

cette relation, dans laquelle A et B sont des constantes. On en peut déduire le lieu géométrique que décrit l'extrémité M du vecteur représentant la force électromotrice *joubertique*, quand, dans le diagramme ci-dessus, on fait varier le déphasage en maintenant fixes la tension aux bornes et l'excitation. Le lieu est un limaçon de Pascal, défini comme suit :

Par l'origine O du diagramme ci-dessus, menons une droite faisant avec OA et au-dessus de lui l'angle complémentaire du décalage interne de l'alternateur. Sur cette droite marquons un point situé à une distance μ de l'origine du côté des x négatifs et, de ce point comme centre, traçons un cercle C de rayon égal à λ, les deux quantités μ et λ étant déterminées en fonction des paramètres A et B, du décalage interne β, du coefficient de réaction transversale τ et de l'impédance

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega l + \tau)^2}$$

par les égalités

$$\lambda = \frac{A}{1 - \frac{\tau - B}{Z}\sin\beta}, \qquad \mu = \frac{\frac{\tau - B}{Z} U}{1 - \frac{\tau - B}{Z}\sin\beta}.$$

Théorème I. — *Le limaçon de Pascal, lieu géométrique de l'extrémité du vecteur représentant la force électromotrice joubertique, est la podaire du cercle C par rapport à l'origine.* Ce théorème fournit un moyen extrêmement simple de construire le lieu.

Théorème II. — *L'intensité induite et, par voie de conséquence, la puissance fournie par la machine, si la tension aux bornes et l'excitation demeurent constantes, varient en sens inverse du déphasage,* lorsque celui-ci reste compris entre zéro et une valeur voisine [1] de $\frac{\pi}{2}$.

Enfin, étant donné que la forme du limaçon ne dépend que des quantités λ et μ définies plus haut, on peut encore énoncer que :

---

[1] Il est superflu de préciser cette valeur, attendu qu'elle est supérieure au maximum qu'atteint le déphasage dans la réalité.

Théorème III. — *Trois paramètres seulement, à savoir* $\frac{\lambda}{U}$, $\frac{\mu}{U}$ *et* β *interviennent dans la loi qui régit les variations relatives de l'intensité en fonction du déphasage.*

GÉOLOGIE — *La vallée d'érosion du Congo et ses antécédents tectoniques.* Note [1] de MM. F. **Delhaye** et M. **Sluys**.

Le rebord occidental de la cuvette congolaise est drainé vers l'Océan par des fleuves au caractère torrentiel qui témoignent d'un rajeunissement récent du réseau hydrographique. Les territoires du Bas-Congo et du Niari, tout au moins en ce qui concerne la partie située à l'Est de la zone cristalline du Mayombe, dérivent d'un ancien plateau qui se relevait vers l'Est. La région située au sud du Niari était alors drainée à l'Est, vers le Djoué par des rivières de même direction E-O que les branches maîtresses du réseau actuel. De nombreux témoins de cet ancien cycle géographique subsistent encore, le plus important est le Fulukari capturé par un affluent du Congo. Mais dans le bassin supérieur du Djoué où le rajeunissement s'est encore peu manifesté, ces anciennes vallées ont parfois conservé toute leur fraîcheur, elles sont alors très caractéristiques de vallées de plateau ayant atteint la maturité.

Il existe aussi des témoignages géologiques de cette ancienne extension vers l'ouest du bassin du Djoué. Dans le bassin supérieur de cette rivière nous avons observé un limon argilo-sableux reposant sur un cailloutis peu épais. Ce limon n'est pas limité à des terrasses de vallée; il en recouvre les versants et déborde au-dessus des lignes de séparation des eaux. Dans la partie de la vallée du Djoué qui n'a pas été surcreusée, le limon descend jusqu'à 35^{m} au-dessus du niveau de la rivière et le point le plus bas où nous l'ayons observé n'était qu'à l'altitude de 375^{m}. Ce limon se relève graduellement vers l'Ouest; nous l'avons suivi jusque sur les parties les plus élevées du plateau frontière, à la limite de séparation des bassins du Niari et du Congo où il avait été déjà signalé par Dupont. Mais la nature du cailloutis indique qu'autrefois, le bassin du Djoué s'est étendu jusqu'à la zone cristalline.

Le Djoué appartient, comme affluent, au cours inférieur du Congo; aussi

(1) Séance du 24 décembre 1917.

son histoire est-elle intimement liée à celle de l'émissaire de l'ancien lac congolais. La crue marquée par le dépôt du limon est donc survenue longtemps après que la communication entre le bassin intérieur et l'Océan fut établie; étant donné son importance, elle ne peut s'expliquer que par un soulèvement des parties extérieures du bord occidental de la cuvette congolaise.

Les terrains fossilifères, à faciès essentiellement littoraux, de la plaine côtière sont actuellement connus depuis le Crétacé moyen jusqu'au Miocène. Pendant cette période, la ligne des rivages différait peu de la côte actuelle; mais ainsi qu'en témoigne la vallée sous-marine du Congo, un soulèvement post-miocène l'a reportée beaucoup à l'Ouest. Il est probable que c'est ce même soulèvement qui a provoqué la crue, pendant laquelle s'est déposé le limon du bassin du Djoué.

La vallée du Congo, à son entrée dans la région des Cataractes, est creusée dans les *couches du Lubilache*, qui appartiennent encore aux formations constituant le fond de la cuvette congolaise. En aval le fleuve recoupe successivement les couches inférieures, permo-triasique du Karoo comprenant le *système du Kundelungu*, le *système schisto-calcareux* et le *conglomérat inférieur;* puis la zone des terrains métamorphiques et finalement une zone très étendue de terrains cristallins. M. J. Cornet a constaté que les terrains étaient fortement plissés à l'Ouest contre les massifs de roches cristallines, mais que les plissements allaient en s'atténuant vers l'Est et s'éteignaient avant d'avoir atteint le versant oriental des hauteurs du Bas-Congo où les couches sont uniformément inclinées vers le centre du bassin. Au sud du Congo, les plis ont une direction N-S; mais au nord du fleuve, leur direction s'infléchit vers l'Ouest et cette même disposition se présente au Mayombe où elle a été signalée par M. V. Brien.

La structure des terrains du Bas-Congo résulte de la superposition de mouvements de nature différente, se rapportant *au moins* à deux périodes géologiques distinctes. Les mouvements les plus anciens ont consisté en plissements. A l'ouest et dans la partie centrale du Bas-Congo, la direction des plis sensiblement N-S, leur affaiblissement progressif vers l'Est et la forme même des plis indiquent qu'ils se sont produits sous l'action de poussées tangentielles dirigées vers l'Est. Mais dans la partie méridionale du Bas-Congo, au sud du plateau du Bangu, les plis du système précédent ont été retournés à angle droit sous l'action d'efforts dirigés vers le Nord. Au sud du Niari, nous avons étudié une zone étroite, allongée de l'Est à

l'Ouest, constituée par des terrains faiblement plissés, très flexueux et failleux, qui correspondent à la *zone minéralisée du Niari*.

Le contact entre la *formation calcaire* fortement plissée à l'Ouest et les *couches du Kundelungu* n'a été observé que dans des régions où les plis très affaiblis, n'ont plus qu'une valeur de fortes ondulations. Aussi est-il difficile d'établir si ces plissements ont eu lieu pendant une seule période géologique ou bien s'ils se sont échelonnés en plusieurs phases. En tous cas, les derniers plissements sont postérieurs aux *couches du Kundelungu* qui présentent au plateau du Bangu la même disposition synclinale que les calcaires; mais ils sont antérieurs aux couches du Lubilache qui n'ont pas été plissés dans le bassin du Congo.

Les derniers mouvements ont affecté tous les terrains, y compris les couches du Libilache; ils se rattachent aux *mouvements épéirogéniques* qui ont créé la cuvette congolaise. Dans la vallée du Congo la pente générale des terrains vers l'Est résulte d'un affaissement plus prononcé vers le centre du bassin; mais ces mouvements sont en réalité plus complexes, car de même qu'à l'Ouest, les terrains se relèvent lentement au nord et au sud du Congo. Ces divers mouvements combinés ont donné lieu à la formation d'un pli synclinal très ouvert, dont l'axe incliné vest l'Est correspond au thalweg de la vallée du Congo (*synclinal transversal du Congo*). Ces derniers mouvements portent en eux l'origine d'une vallée tectonique située à l'emplacement de la vallée du Congo. Dans ces conditions la *vallée d'érosion* du Congo doit résulter d'une capture opérée par un fleuve côtier, qui a reculé sa vallée suivant le tracé de la vallée tectonique, inversant le sens de drainage de tout son bassin avant d'atteindre le lac et d'en devenir l'émissaire.

Le groupe de formations qui constituent le fond de la cuvette congolaise a été rapporté par M. J. Cornet au Trias supérieur et au Rhétien. Les conclusions émises par ce savant ont reçu une première confirmation paléontologique par les études de M. M. Leriche sur la faune des *couches du Lualaba*. On peut donc fixer au *Trias moyen* les derniers plissements du Bas-Congo et d'une façon plus générale de l'Afrique centrale.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Recherches sur les leucocytes du sang des tuberculeux.* Note (1) de MM. **P. Brodin** et **F. Saint-Girons**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons étudié les modifications sanguines que présentent les tuberculeux au point de vue du nombre des leucocytes et de la proportion des polynucléaires.

Nos recherches diffèrent des nombreux travaux qui ont paru sur la question, en que ce nos examens ont été pratiqués *en séries pendant plusieurs jours consécutifs*, le matin à jeun chez le même malade.

I. Cette technique nous semble indispensable.

En effet, un examen isolé donne des résultats essentiellement différents, suivant que le hasard le fait porter sur le début, l'acmé ou la fin d'une poussée. Seule la moyenne des chiffres observés pendant plusieurs jours consécutifs peut donner des renseignements exacts.

Pour éliminer complètement la leucocytose digestive, nos prélèvements ont toujours été faits à 8h du matin chez des sujets à jeun.

Nos examens ont porté sur 48 malades.

Lorsque leur état était resté cliniquement stationnaire, nous avons retrouvé des moyennes très comparables, malgré des chiffres quotidiens très différents. Au contraire, lorsque leur état s'était modifié cliniquement, nous avons observé de notables modifications sanguines, celles que nos recherches nous ont montré liées à l'évolution favorable ou défavorable de la tuberculose.

II. La valeur pronostique de la proportion des polynucléaires signalée par tous les auteurs est réelle. Elle nous semble en rapport direct avec la résistance du malade à l'infection tuberculeuse. Plus le taux des polynucléaires s'élève, plus la résistance du sujet apparaît insuffisante, plus le pronostic s'assombrit. Inversement, une forte mononucléose est un signe favorable et semble en rapport avec l'immunisation du malade.

Mais, pour que la proportion de polynucléaires, moyenne de plusieurs

---

(1) Séance du 24 décembre 1917.

examens, ait une réelle valeur, il faut qu'elle soit nettement supérieure ou inférieure à la moyenne physiologique, qui est de 65 à 75 pour 100 :

a. Une faible polynucléose, au-dessous de 60 pour 100, est d'un bon pronostic.

b. Une forte polynucléose, au-dessus de 80 pour 100, est au contraire d'un très mauvais pronostic. Le taux le plus élevé que nous ayons observé (93 pour 100) l'a été chez un malade mort de granulie généralisée.

c. Dans les cas, de beaucoup les plus nombreux, où le nombre des polynucléaires oscille autour de la proportion normale, il est impossible d'en tirer des indications précises.

III. Quand la proportion des polynucléaires reste dans les limites normales, c'est le nombre des leucocytes qui commande le pronostic. En effet, le nombre des leucocytes qui, dans les cas légers, oscille entre 8000 et 10000 par millimètre cube, peut atteindre 40000 et au delà quand la suppuration pulmonaire est très étendue.

Le chiffre des leucocytes fourni par la moyenne des divers examens permet de classer les malades dans un ordre correspondant assez exactement aux données fournies par la clinique.

Lorsque la leucocytose moyenne est au-dessous de 15000, il s'agit de sujets dont les lésions sont peu étendues; leur fièvre est nulle ou peu élevée; leurs forces, conservées; l'état général et le pronostic, relativement bons. Au-dessus de 15000, le pronostic devient plus sérieux; il s'assombrit au fur et à mesure que la moyenne s'élève, pour devenir très grave lorsqu'elle avoisine 30000, chiffre fréquemment observé chez les grands cavitaires profondément infectés.

Il y a donc deux éléments d'appréciation : la proportion des polynucléaires d'une part, le nombre global des leucocytes d'autre part; ces deux éléments ont chacun leur importance et se complètent mutuellement.

IV. Les variations de la proportion des polynucléaires et du nombre des leucocytes paraissent non pas concomitantes, mais successives. Tout se passe comme s'il y avait successivement disparition des mononucléaires (destruction ?) et réaction de défense de l'organisme, caractérisée par une augmentation de ces mêmes mononucléaires.

L'augmentation du nombre des leucocytes nous paraît liée à l'étendue et à l'intensité de la suppuration pulmonaire. Nulle dans les cas légers ou dans la granulie aiguë, lésion fermée, elle s'élève dans les formes moyennes pour devenir intense chez les cavitaires porteurs de vastes foyers suppurés.

Quelle part revient dans cette suppuration à la tuberculose proprement dite ou aux infections secondaires qui viennent si fréquemment la compliquer? Peut-être les infections secondaires ont-elles un rôle prépondérant ?

Il est très probable que la leucocytose correspond non à une augmentation absolue du chiffre des leucocytes, mais à une inégalité de leur répartition. Certes le chiffre des leucocytes doit varier d'un moment à l'autre, car il doit se produire des destructions et des régénérations, mais il est impossible d'admettre une destruction et une régénération assez rapides pour expliquer les variations considérables et brusques qu'on observe; ce ne peut être que l'effet d'une répartition différente. Or nous savons que, sous l'influence de telle ou telle substance, il y a très rapidement hypo ou hyperleucocytose. Donc il est vraisemblable que, chez les individus infectés, les foyers suppurés pulmonaires sont le siège d'une véritable digestion dont les produits, en passant dans la circulation modifient l'équilibre physico-chimique du sang et par là même les conditions de circulation des leucocytes.

Cette hypothèse nous semble confirmée par l'étude concomitante de la leucocytose d'une part, du nombre des globules rouges, de la densité et de la tension artérielle d'autre part.

Densité, tension artérielle, nombre des globules rouges diminuent lorsque la leucocytose augmente, et inversement.

Tout se passe comme s'il se produisait de véritables décharges toxiques amenant, en même temps qu'une augmentation des leucocytes, une dilution du sang, de sorte que l'on observe, avec la leucocytose, un abaissement de la densité sanguine et une diminution du nombre des globules rouges. Il y a sans doute quelque analogie entre le mécanisme de la leucocytose infectieuse et le mécanisme de la leucocytose digestive.

Conclusions. — 1° Il n'y a de déductions pronostiques à tirer de l'étude des leucocytes que si les chiffres obtenus pour chaque malade sont les moyennes d'examens faits en séries, pendant plusieurs jours consécutifs, le matin à jeun.

2° Le nombre des leucocytes est en rapport avec l'étendue de la suppuration pulmonaire et l'intensité des infections secondaires.

3° La proportion des polynucléaires traduit la résistance du sujet à l'infection tuberculeuse.

4° Le pronostic est d'autant plus sombre que la proportion des polynucléaires est plus élevée et le nombre des leucocytes plus grand.

BACTÉRIOLOGIE. — *Traitement de la lymphangite épizootique, au moyen du suc de levure autolysée.* Note (¹) de MM. **Maurice Nicolle, Fayet** et **Truche**, présentée par M. Roux.

La lymphangite épizootique exerce de grands ravages dans les effectifs de cavalerie depuis les débuts de la guerre. Les résultats quasi schématiques, obtenus dans le traitement de la lymphangite à bacilles de Preiz-Nocard au moyen des germes homologues (Truche), nous ont amenés à tenter l'*antigénothérapie de groupe* dans le traitement de la maladie qui nous occupe.

On sait que cette maladie reconnaît pour cause le cryptocoque découvert par Rivolta (1873), organisme très voisin des levures, comme le démontre l'ensemble de ses caractères (consulter, là-dessus, l'excellent travail de Bridré, Nègre et Trouette). Le cryptocoque n'a pu être cultivé (au moins en série), mais se diagnostique aisément dans les produits pathologiques.

La lymphangite de Rivolta offre une grande ténacité, une tendance extensive fâcheuse, et son traitement chirurgical se montre fort onéreux. Ce caractère onéreux n'est pas évité par l'emploi de remèdes favorables : le 606 (Bridré), le galyl (Douvillé, Truche), l'iodure de potassium (Teppaz). L'*autopyothérapie* semble pouvoir rendre des services, mais elle ne se prête à aucun dosage, même très vague.

Nous avons trouvé, dans la levure de bière, un agent thérapeutique efficace et peu coûteux. Employée telle quelle ou après action de l'alcool-éther, elle demeure sans effet et provoque des abcès ; ce qui tient à la grande résistance des enveloppes cellulaires. Employée sous forme de suc autolysé, elle réussit fort bien et reste inoffensive. On administre ainsi une réunion d'antigènes dont certains sont évidemment identiques à ceux de cryptocoque (comme le prouvent les recherches de Bridré et de ses collaborateurs, entreprises avec la levure intacte).

Préparation du suc. — On fait autolyser, pendant 24 heures (37°), de la levure pressée dans les vapeurs de chloroforme (méthode de M. Nicolle et Adil-Bey), puis on centrifuge (appareil de Jouan), on filtre le liquide surnageant (bougie Chamberland F.), on l'additionne de phénol (0,5 pour 100) et l'on répartit en ampoules scellées. *Technique excessivement simple.*

(¹) Séance du 24 décembre 1917.

Résultats obtenus. — Six chevaux, porteurs de lésions étendues, ont été traités exclusivement par le suc. Nous les diviserons en trois groupes, quant au siège (et partant, à la gravité) des accidents.

Premier groupe : N° 1698. — Sur le côté gauche de l'encolure, corde allant du quart inférieur de la région de la nuque; cette corde porte 24 abcès, de volume et d'âge différents. Du 17 octobre au 18 novembre on injecte (côté droit de l'encolure) 30^{cm^3} de suc; par doses de 5^{cm^3} (intervalles : 9-12 jours). Guérison totale en 45 jours, sans réaction locale; les lésions « fondent » progressivement.

Deuxième groupe : N° 1272. — Corde, partant de la mamelle gauche et aboutissant au passage des sangles du même côté. Abcès nombreux et très gros, qui suppurent abondamment. Même traitement que pour le n° 1698 et aux mêmes dates. Les deux premières injections ayant déterminé une forte réaction locale (gros œdème, très sensible) et générale (fièvre, abattement, anorexie), on réduit la dose à $2^{cm^3},5$ pour les troisième et quatrième injections, et l'on termine par une injection de 5^{cm^3} (réactions faibles). Guérison totale en 50 jours. La troisième dose a été suivie d'un abcès de la cuisse gauche, dont la guérison s'est opérée avec celle des lésions antécédentes.

N° 1279. — Corde, avec abcès multiples et volumineux sur la croupe; suppuration abondante. Même traitement que pour le n° 1698, et aux mêmes dates. Guérison presque totale en 50 jours; à ce moment, il ne reste qu'un nodule *indolore* et en voie de régression, dans le flanc gauche. Aucune réaction, ni locale, ni générale.

Troisième groupe : N° 1711. — Corde et abcès, à la face interne du membre postérieur droit. Livré à la boucherie, après un mois, en raison de la multiplicité des accidents. Traitement interrompu, observation sans valeur.

N°s 1809 et 1806. — Mêmes lésions (13 et 14 abcès, respectivement). Le premier animal guérit en 40 jours (15^{cm^3} de suc; 4 injections). Le second en 42 jours ($12^{cm^3},5$ de suc; 4 injections). Aucune réaction, ni locale, ni générale.

Technique proposée. — Nous conseillons d'opérer, dans l'avenir, comme il suit :

Injecter, d'abord, 2^{cm^3} (sous la peau de l'encolure), pour tâter la sensibilité du sujet. Après 4-8 jours, selon les cas, porter la dose à 5^{cm^3}. Après 8 jours encore, administrer 10^{cm^3}. Une ou deux nouvelles injections de 10^{cm^3} pourront être éventuellement indiquées. Nous étudions, en ce moment, les moyens de combattre des insuccès possibles et de diminuer la durée du traitement.

Nous proposerons, en terminant, d'appeler le suc de levure autolysée : *rivoltine ;* ce terme (dénué de tout caractère extra-scientifique) constituera à la fois un hommage et une abréviation.

BACTÉRIOLOGIE. — *Qu'est-ce que les boues activées?* Note [1] de M. F. **Diénert**, présentée par M. Roux.

Depuis quelques années on a préconisé l'épuration des eaux d'égout par les boues activées. Le principe de ce système est le suivant : On fait passer de l'air dans l'eau d'égout pendant le temps nécessaire pour nitrifier l'ammoniaque qu'elle contient. Avec les eaux d'égout de Paris il faut 30 heures environ pour nitrifier les 10^{mg} d'ammoniaque par litre qu'elles contiennent. On décante cette eau qu'on remplace par une autre eau d'égout qu'on aère dans les mêmes conditions. En poursuivant cette opération, on arrive après 15 à 20 jours à obtenir la nitrification de 10^{mg} d'ammoniaque par litre après 1 heure et demie d'aération au lieu de 30 heures et la quantité de boues a augmenté. Dans la pratique, quand la nitrification est arrivée à cette activité, on dit que les boues sont activées.

Que se passe-t-il et qu'est-ce que ces boues activées?

Dans une eau d'égout il y a du bicarbonate de chaux.

L'aération entraîne le gaz carbonique, il se précipite du carbonate de chaux qui, grâce au phénomène de l'adsorption, très intense dans ces conditions, entraîne une partie des matières organiques en suspension et en dissolution. Tous ceux qui se sont occupés de boues activées ont reconnu que la matière organique était entraînée dans les boues.

Nos essais faits à la Ville de Paris ont montré que l'alcalinité de l'eau d'égout tombe de 180^{mg} de chaux à 60^{mg} après 1 heure et demie d'aération. D'autre part, les boues activées renferment, approximativement, 50 pour 100 de matières minérales formées surtout de carbonate de chaux, 20 pour 100 de matières albuminoïdes et 30 pour 100 de matières non albuminoïdes. Quant au phénomène intense d'adsorption qui se manifeste quand le bicarbonate de chaux se décompose, il est facile à mettre en évidence quand on analyse les dépôts de carbonate de chaux trouvés le long des aqueducs de la Ville de Paris. Pendant ces deux heures d'aération des eaux d'égouts les trois quarts des matières albuminoïdes et ammoniacales sont entraînées dans les boues.

Nos essais ont montré que plus il y a de boues, plus la nitrification est rapide. La boue est dite activée quand, dans la cuve où se fait l'aération, il y a assez de particules de carbonate de chaux, sièges d'une fermentation

(1) Séance du 24 décembre 1917.

nitrique, pour oxyder l'ammoniaque. Elle résulte de deux phénomènes bien connus : décomposition du bicarbonate de chaux, entraînement des matières organiques par le carbonate de chaux qui se dépose.

D'autres phénomènes microbiens se produisent dans ces boues sur lesquels nous n'insisterons pas.

MÉDECINE. — *Localisation des corps étrangers du globe oculaire et des muscles de l'œil.* Note (1) de MM. **J. Belot** et **H. Fraudet**, transmise par M. d'Arsonval.

La présente Note a pour objet d'indiquer la méthode radiographique que nous employons depuis dix-huit mois, avec un succès constant, pour la localisation des corps étrangers du globe oculaire et de la région orbitaire.

Cette méthode suppose la vision conservée au moins pour un œil, ainsi qu'une certaine mobilité de l'œil blessé.

En principe, elle consiste à rechercher, en utilisant les mouvements de l'œil, si le corps étranger tourne du même angle que lui autour d'un de ses axes convenablement choisi. Si la rotation est la même, on peut affirmer que le corps étranger est dans le globe oculaire ou dans la partie de ses muscles qu'on peut pratiquement confondre avec lui.

Elle nécessite cinq radiographies de localisation : trois latérales et deux frontales.

Radiographies de localisation latérales. — La plaque est placée parallèlement au plan médian du sujet, du côté de l'œil blessé, son plan perpendiculaire à l'axe transversal de l'œil. Le focus est centré sur la direction de cet axe à une grande distance de la plaque (80^{cm} au moins), pour que l'image radiographique de la région orbitaire intéressée se confonde sensiblement avec sa projection orthogonale.

Un tiroir rend possible la substitution des plaques sensibles, tout en conservant l'immobilité absolue du crâne du blessé. Un fil métallique tendu sur le tiroir permet d'obtenir, sur la plaque, la direction de l'axe antéro-postérieur de l'œil, quand le blessé « regarde à l'horizon ».

On exécute, sur trois plaques différentes, trois radiographies distinctes, en faisant viser au blessé pour chacune d'elles un point assez éloigné, bien défini, mobile le long d'une règle divisée située sensiblement dans le plan médian du blessé, perpendiculaire à l'axe antéro-postérieur de l'œil regardant à l'horizon et située à distance connue du centre de l'œil. L'une des radiographies est effectuée, l'œil regardant à « l'horizon », l'autre l'œil regardant en « haut », la troisième l'œil regardant en « bas ».

(1) Séance du 24 décembre 1917.

Étude des clichés latéraux. — On établit un calque unique des trois clichés, puis on construit sur une feuille de papier l'angle de rotation totale de l'œil, somme des deux rotations comptées à partir de sa position initiale. Cet angle est déterminé par la connaissance des positions successives du point visé sur la règle.

Sur le calque, les trois images du corps étranger coïncident ou non. Si elles coïncident, le corps étranger se trouve dans les parties molles qui n'ont pas participé aux mouvements de l'œil, dans le squelette ou sur l'axe transversal choisi pour axe de rotation.

Si elles ne coïncident pas, le corps étranger se trouve dans le globe ou dans ses muscles. On construit alors le cercle passant par trois points correspondants des trois ombres. On reporte ensuite le calque sur l'angle de rotation totale, le centre coïncidant avec le sommet de l'angle. Si les trois droites, que déterminent les deux rotations élémentaires, passent par les points correspondants des images du corps étranger, on peut affirmer avec la plus entière certitude que le corps étranger se trouve dans le globe oculaire.

Le calque latéral donne la projection du corps étranger sur le plan sagittal, et le situe par rapport aux diamètres antéro-postérieur et vertical.

Radiographies de localisation frontales. — Le blessé est placé de façon que la plaque soit parallèle au plan frontal, en avant de l'œil blessé, aussi près de lui que possible, l'axe antéro-postérieur de l'œil perpendiculaire à son plan. Un croisillon métallique solidaire du support de plaque est soigneusement centré sur la pupille et placé entre l'œil et la plaque. Le focus est centré sur l'axe antéro-postérieur, en arrière du blessé, à une distance aussi grande que possible de la plaque, et telle que les deux groupes de radiographies (latérales et frontales) donnent des images de la région oculaire également agrandies. Cet agrandissement est d'ailleurs négligeable, dans les conditions indiquées.

Le blessé étant bien immobilisé, on effectue deux radiographies ; pendant la première, l'œil blessé regarde « à l'horizon » ; pendant la seconde il regarde « en dedans ».

On exécute le calque de ces radiographies frontales. Dans le cas où le calque latéral a donné la certitude d'un corps étranger du globe oculaire, la première radiographie frontale termine la localisation ; la seconde est une vérification.

Si, sur le calque latéral, les trois ombres se confondent, le calque frontal permet d'affirmer si le corps étranger est intra ou extra-oculaire. En effet, si les deux ombres sur le calque frontal sont confondues et sensiblement en coïncidence avec le point de croisée des deux fils repères (croisillon centré sur la pupille), le corps étranger se trouve au centre de rotation de l'œil.

Si les deux ombres ne sont pas confondues et que la seconde ait, par rapport à la première, subi un déplacement conforme à la rotation de l'œil (adduction), on pourra conclure que le corps étranger se trouve sur l'axe transversal de l'œil et dire sur quelle portion.

La situation du corps étranger intra-oculaire rapportée aux axes de l'œil est toujours une localisation géométrique précise. Celle-ci permet le plus souvent de déduire si le corps étranger se trouve dans la paroi, du globe s'il est irien, cristallinien, vitréen, rétinien, etc.

Localisation d'un corps étranger des muscles de l'œil. — Si, sur les radiographies latérales, le déplacement du corps étranger n'est pas une rotation autour de l'axe transversal du globe égale à la sienne, ce corps étranger, bien que mobile, n'est pas dans le globe oculaire.

S'il s'est déplacé dans le même sens que l'œil et que les radiographies latérales et frontales le situent dans le voisinage immédiat de celui-ci, on peut le localiser dans les masses cellulo-adipeuses, englobant l'organe.

Enfin, il peut avoir subi un déplacement notable s'il se trouve dans un des six muscles de l'œil. On peut alors le localiser dans tel de ces six muscles. Pour cela on tient compte de sa situation sur les deux radiographies latérale et frontale, l'œil regardant à l'horizon, puis on recherche si, dans les deux groupes de radiographies, les déplacements du corps étranger sont compatibles avec les allongements et les raccourcissements des muscles ayant produit le mouvement de l'œil correspondant.

CHIRURGIE. — *L'antisepsie par le chloroforme.* Note [1] de M. A. Cabanes, présentée par M. Quénu.

Traitement des collections purulentes et des plaies infectées, par les injections d'oxygène alcoolo-chloroformé. — Un courant continu de gaz antiseptique est amené à l'intérieur des cavités purulentes, après intervention chirurgicale large, par un ou plusieurs tubes de caoutchouc stérilisés. L'antiseptique gazeux, plus diffusible que l'antiseptique liquide, se répand dans les moindres recoins et y circule constamment.

Un mélange d'oxygène et de vapeurs d'alcool et de chloroforme est utilisé de préférence.

Le chloroforme, en inhalation, se montre souvent toxique chez les sujets

[1] Séance du 24 décembre 1917.

dont les organes d'excrétion ou de sécrétion interne sont insuffisants; mais son application à l'antisepsie chirurgicale ne comporte pas d'inconvénients.

Il peut être employé sous forme de solutions, mélangé à l'eau, l'éther, l'alcool, ou d'émulsions.

Il peut être vaporisé : après avoir imprégné d'une solution chloroformo-alcoolique, à 1 pour 6, la région à désinfecter, le chirurgien dirige sur les tissus malades le jet d'un appareil à air chaud. Les résultats obtenus par cette méthode ont amené l'auteur à en adopter une autre qui est le perfectionnement de la première : les vapeurs de chloroforme mélangé à l'alcool sont amenées dans les cavités purulentes par un courant continu d'oxygène. Un procédé nouveau d'antisepsie permanente par injection de gaz est ainsi réalisé.

La technique du traitement des collections purulentes et des plaies infectées par les injections d'oxygène alcoolo-chloroformé, est des plus simples, mais un peu spéciale.

Un ballon élastique ou un obus à mano-détendeur fournissent l'oxygène, qui barbote dans un flacon laveur rempli d'un mélange de chloroforme et d'alcool dans les proportions de 1^{cm^3} pour 6^{cm^3}. Le gaz, chargé de vapeurs antiseptiques, est amené dans la plaie ou la cavité purulente par un tube injecteur en caoutchouc, assez résistant pour n'être pas écrasé par le pansement qui recouvre la région malade : le meilleur tube injecteur est une sonde de Nélaton.

Les résultats du traitement par l'oxygène alcoolo-chloroformé sont constants : les sécrétions purulentes diminuent très rapidement; les plaies ont un aspect rouge vif. Le chloroforme exalte les réactions leucocytaires, l'oxygène active l'hématose : l'état général des malades atteints de suppurations même très graves s'améliore très rapidement. La fièvre disparaît en quelques jours. Le laboratoire indique constamment, surtout au début du traitement, l'importance des phénomènes de phagocytose et de cytolyse.

Les avantages du traitement se résument en quelques mots : il est indolore et même calmant; il permet de réaliser l'antisepsie permanente en pansement sec, le meilleur des pansements.

Ce travail est basé sur douze observations dont neuf de pleurésie purulente.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Leucocytothérapie ou pyothérapie aseptique. Son emploi dans certaines lymphangites du cheval.* Note de M. J. BRIDRÉ, présentée par M. Roux.

Depuis quelques mois, deux auteurs, expérimentant indépendamment l'un de l'autre, M. Belin et M. Velu, emploient avec succès la pyothérapie dans le traitement de la lymphangite épizootique du cheval : du pus recueilli dans les lésions lymphangitiques est dilué dans l'éther, puis dans l'eau physiologique phénolée. La dilution est injectée sous la peau ou dans la jugulaire des chevaux malades, à des intervalles de quelques jours et à des doses variant entre 2^{cm^3} et 6^{cm^3} correspondant de $\frac{2}{10}$ à $\frac{6}{10}$ de centimètre cube de pus initial.

Pour ces auteurs, l'action de la pyothérapie est due aux microbes spécifiques renfermés dans le pus; en l'espèce, aux cryptocoques. Ils considèrent la dilution de pus comme un « pyovaccin » et la méthode de traitement comme une « vaccinothérapie » dérivée de la méthode de Wright.

Cependant, dans une de ses dernières Notes, M. Velu annonce que le « pyovaccin » n'a pas une action rigoureusement spécifique et qu'il se montre efficace dans des affections qui n'ont rien de commun avec le cryptocoque, agent de la lymphangite épizootique : fistules rebelles, suppurations diverses.

D'autre part, M. Belin a traité, par la même méthode, des chevaux à lymphangite ulcéreuse, en prélevant le pus nécessaire dans les lésions dues à cette affection. Or on sait que, dans les lymphangites ulcéreuses, quelle qu'en soit la cause (bacille de Preisz-Nocard ou autres bactéries), le pus renferme souvent une si faible quantité de germes que le simple examen microscopique ne peut les mettre en évidence et qu'un ensemencement est indispensable pour déceler leur présence.

Ces deux faits : non-spécificité du pyovaccin à cryptocoques et efficacité, dans la lymphangite ulcéreuse, d'un pyovaccin si pauvre en germes ont attiré mon attention. Je me suis demandé si ces dilutions de pus ne devraient pas leur efficacité, non aux agents microbiens spécifiques qu'elles renferment, mais aux leucocytes ou aux débris leucocytaires et aux produits qui en dérivent; si, en d'autres termes, les mêmes résultats satisfaisants ne seraient pas obtenus par l'injection de pus rigoureusement aseptique comme celui des « abcès de fixation ».

Pour vérifier le bien-fondé de cette hypothèse, j'ai soumis au traitement suivant un certain nombre de chevaux à lymphangite épizootique et à lymphangite ulcéreuse : chaque cheval reçoit, sous la peau du poitrail, $1^{cm^3},5$ d'essence de térébenthine. Au bout de quatre ou cinq jours, on prélève aseptiquement, à la seringue, dans l'abcès provoqué, 6^{cm^3} de pus que l'on mélange immédiatement à 24^{cm^3} d'eau physiologique, phénolée à 5 pour 1000. La dilution est faite dans une fiole contenant, avec le liquide stérile, quelques billes de verre qui aident à obtenir, par agitation, un mélange assez homogène. Cette dilution au cinquième est injectée sous la peau, aux doses de 3^{cm^3} à 5^{cm^3}, à des intervalles de six à dix jours. Chaque cheval peut recevoir ainsi une dilution du pus qu'il a fourni.

Neuf chevaux à lymphangite épizootique ont été traités par ces injections et, afin d'apprécier plus justement l'efficacité du traitement, tous soins locaux furent suspendus.

La dilution injectée est vite résorbée et il ne reste généralement aucune trace de l'injection. Une seule fois, un léger œdème se produisit dans la journée et disparut en 24 heures. On n'observa jamais les réactions qui ont fait abandonner à Velu les injections sous-cutanées de son « pyovaccin ».

Une amélioration dans l'état des lésions n'est nettement constatée qu'après la deuxième injection. Mais, à partir de ce moment, l'affection évolue, chez la plupart des malades, avec une rapidité remarquable vers la guérison : la plaie initiale se cicatrise, le cordon lymphatique devient indolore à la pression, diminue de volume, puis disparaît; les abcès en formation s'ouvrent spontanément; les ganglions hypertrophiés, s'ils ne sont pas le siège d'abcès, reviennent à l'état normal; seuls, les noyaux purs persistent, sans tendance à l'abcédation et régressent lentement. (Il est facile, si on le juge utile, de les énucléer.) Ces résultats confirment ceux qui ont été publiés par les auteurs cités.

La même expérience a été pratiquée sur six chevaux à lymphangite ulcéreuse. Les injections ont amené une cicatrisation rapide des plaies ulcéreuses, bien qu'aucun soin local n'ait été apporté. Toutefois, étant donné que dans cette forme de lymphangite, il n'est pas rare d'observer des rechutes après plusieurs semaines de guérison apparente, je ne puis conclure actuellement à une guérison radicale de l'affection.

Je n'aborderai pas, dans cette Note, le côté théorique de la question. Au point de vue pratique, il y aurait intérêt à connaître la part respective qui revient, dans la guérison, à l'abcès de fixation et aux injections de pus. Si l'on s'en rapporte à un auteur qui a étudié l'action leucogène des abcès de

fixation, G. Audain, l'effet de l'injection d'essence de térébenthine, au moins en ce qui concerne l'hyperleucocytose consécutive, atteindrait son maximum à la 72e heure et disparaîtrait ensuite peu à peu. Je dois ajouter qu'un des chevaux à lymphangite épizootique a été soumis d'emblée, sans abcès de fixation, aux injections de pus aseptique recueilli sur d'autres malades. Le résultat n'en a pas moins été satisfaisant.

En résumé, la pyothérapie, qui s'est montrée efficace dans certaines affections du cheval, ne saurait être rattachée à la « vaccinothérapie ». Elle doit son action aux leucocytes du pus et à leurs produits.

Des résultats absolument comparables à ceux qui ont été publiés sont obtenus par des injections de *pus aseptique*.

La « pyothérapie aseptique » sera employée avantageusement dans les lymphangites du cheval et dans les affections où les pyovaccins ont déjà fait leurs preuves. Il est permis de penser qu'elle est susceptible d'une application plus générale.

M. **Georges Cargill** adresse une Note relative à *L'amélioration du pain de guerre par la dessiccation.*

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 3 décembre 1917.)

Note de M. *J. Bosler*, Les météorites et l'excentricité terrestre :

Page 785, ligne 4, *au lieu de* Δe_1^2, *lire* $[\Delta e_1^2]$ (val. moy. de Δe_1^2).
Même page, même ligne, *au lieu de* e_1, *lire* e_1^2.
Même page, ligne 6, *après* chutes météoriques, *ajouter* séculaires.
Même page, ligne 7, *après* variations, *ajouter* moyennes.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-CINQUIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1917.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 165.

A

BOTANIQUE.

C

CHIMIE ANALYTIQUE.

CHIMIE BIOLOGIQUE.

CHIMIE INORGANIQUE.

CHIMIE ORGANIQUE.

CHIMIE PHYSIQUE.

D

E

F

G

GÉOLOGIE.

H

I

L

M

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

MÉDECINE.

MÉTÉOROLOGIE.

MICROBIOLOGIE.

N

O

OPTIQUE.

P

PALÉONTOLOGIE.

PATHOLOGIE.

PHYSIOLOGIE.

PHYSIQUE.

R

S

T

V

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

W

Y

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
59465-19 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55

